Aus der Universitäts-Hals-Nasen-Ohrenklinik Tübingen
(Direktor: Professor Dr. D. Plester)

# FUNKTIONELLE ERGEBNISSE EINES ENDOLARYNGEALEN OPERATIONSVERFAHRENS ZUR BEHANDLUNG DER DOPPELSEITIGEN RECURRENSPARESE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Gerhard Sauer
aus Tübingen

1974

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546528_0025

Aus der Universitäts-Hals-Nasen-Ohrenklinik Tübingen
(Direktor: Professor Dr. D. Plester)

# FUNKTIONELLE ERGEBNISSE EINES ENDOLARYNGEALEN OPERATIONSVERFAHRENS ZUR BEHANDLUNG DER DOPPELSEITIGEN RECURRENSPARESE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Gerhard Sauer
aus Tübingen

1974

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan : Professor Dr. E. Körber

1. Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. R. Langnickel

2. Berichterstatter: Professor Dr. D. Plester

FOTO - SCHNELLDRUCK Hans - Joachim Köhler - 74 TÜBINGEN - Neue Strasse 11

Meinen Eltern in

grosser Dankbarkeit

gewidmet

## Inhaltsverzeichnis


| | | Seite |
|---|---|---|
| A | Einleitung | 1 |
| B | Theoretischer Teil | 2 |
| I | Behandlung der doppelseitigen Recurrensparese in chronologischer Darstellung | 2 |
| II | Anatomie des N. recurrens | 9 |
| III | Ursachen der doppelseitigen Recurrensparese | 12 |
| IV | Symptome bei doppelseitiger Recurrensparese | 13 |
| V | Taschenbandbeweglichkeit bei doppelseitiger Recurrensparese | 16 |
| C | Die endolaryngeale Lateralfixation | 22 |
| D | Klinische Untersuchungen | 28 |
| I | Röntgenkontrastlaryngographie | 29 |
| | 1. Methode | 29 |
| | 2. Ergebnisse | 3o |
| II | Lungenfunktionsprüfung | 33 |
| | 1. Methode | 33 |
| | 2. Messwerte | 38 |
| | 3. Statistische Auswertung | 41 |
| III | Stimmprüfung | 44 |
| | 1. Sonagraphie | 44 |
| | a. Methode | 44 |
| | b. Ergebnisse | 47 |

Seite

2. Lärmresistenz und Anpassungsfähigkeit der Stimme 51

a. Methode 51
b. Messwerte 53
c. Statistische Auswertung 55

E Diskussion 56

I Beurteilung der Lungenfunktionsprüfung 56
II Beurteilung der Stimmprüfung 60
III Fazit 62

F Zusammenfassung 63

G Literaturverzeichnis 64

## A Einleitung

Die operative Behandlung der doppelseitigen Recurrensparese ergibt auch heute noch unbefriedigende Ergebnisse. Die klinische Beobachtung hat gezeigt, dass bei glottiserweiternden Eingriffen ein Optimum an Luft oft nur zu erzielen ist, wenn man eine entsprechende Verschlechterung der Stimmbildung in Kauf zu nehmen gewillt ist. Bleibt die Stimme gut, ist die Atmung oft nicht ausreichend.

In der vorliegenden Arbeit wird die Funktionsweise eines an der Tübinger Hals-Nasen-Ohrenklinik weiterentwickelten endolaryngealen Operationsverfahrens beschrieben und kontrastlaryngologisch dargestellt. Die funktionellen Ergebnisse werden durch Messungen der prae- und postoperativen Atemfunktion und der Stimmbildung aufgezeigt.

Das therapeutische Bestreben, bei einer doppelseitigen Stimmbandlähmung die Atem- und Stimmfunktion in annähernd gleicher Weise zu berücksichtigen, führte zur Entwicklung verschiedener Methoden und Techniken, die im nachfolgenden Kapitel chronologisch dargestellt werden.

## B Theoretischer Teil

### I Behandlung der doppelseitigen Recurrensparese in chronologischer Darstellung

Bereits im vorigen Jahrhundert hatten sich Laryngologen bemüht, bei Patienten mit doppelseitiger Recurrensparese eine ausreichende Atmung wieder herzustellen. So versuchte O'Dwyer durch Intubation und transversale Durchschneidung eines Stimmbandes die Lichtung des Larynx zu erweitern.
G.B. Hope (1895) führte dazu die partielle Chordektomie durch. Sargnon (1910) resezierte die beiden Stimmbänder und versuchte nachträglich durch das Tracheostoma die Dilatation des Kehlkopfes zu erzielen.

Capart war der erste, der die Arytaenoidektomie beim Menschen vorgeschlagen hatte. In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, dass diese Operation beim Pferd bereits im Jahre 1834 mit Erfolg ausgeführt worden war.
1911 war es Iwanoff, der als erster am Menschen eine Arytaenoidektomie zur Erweiterung der Glottis durchführte. Nach ihm erzielte Sargnon (1913) durch die Laryngotomie die submuköse Resektion der beiden Arytaenoide und die Ausräumung der beiden Ventrikel. 1916 versuchte Baker durch eine Thyreotomie mit Arytaenoidektomie und Cordektomie die Atmung zu verbessern.

1921 schlug Rethi die operative Entfernung der Kehlkopfadduktoren vor.
Jackson (1922) erzielte angeblich durch eine Ventricolocordektomie eine gute Atmung bei sehr heiserer Stimme.

Die Idee, die paralysierten Muskeln durch gesunde,in Funktion stehende Muskeln zu ersetzen, stammt von Streissler (1919). Amersbach (1922) verband den M. stylothyroideus oder den M. digastricus mit dem Processus vokalis der gleichen Seite.
1922 empfahl Marschik, nach beiderseitiger Ablösung des M. omohyoideus vom Zungenbein, die Befestigung des Muskels am Processus muskularis des Aryknorpels und am M. posticus der Gegenseite.

1923 erreichte Wittmaack nach Laryngofissur, Resektion des Processus muskularis und Ablösung der hier ansetzenden Muskeln eine freie Luftdurchgängigkeit. Der Luftstrom konnte durch Vertikalverschiebung der Stimmlippen den Kehlkopf in einem S-förmigen Kanal passieren.

In den Jahren 1924-1928 strebten Lahey, Frazier, Ballance und Mosser die Lösung des Problems auf einem anderen Wege an. In der Annahme, die Funktion der Larynxmuskulatur wieder herstellen zu können, führten sie End-zu-End-Vereinigungen des durchtrennten N. recurrens, sowie Nervenpfropfungen des distalen Recurrensteiles mit dem N. phrenicus, dem Ramus descendens des N. hypoglossus und dem N. accessorius durch.

1939 beschrieb Krainz die Resektion des M. transversus auf endoskopischem Wege.
(zitiert nach Woodman, de Graaf, 1954, Berendes, 1956, Padovan, Oreskovic, 1971, Helmus, 1972)

Ein gängiges Operationsverfahren zur Behandlung der doppelseitigen Recurrensparese stammt von King (1939). Er heftete den M. omohyoideus mit seinem cranialen Ende an den lateralfixierten Aryknorpel an. Damit versuchte er bei der Inspiration durch Kontraktion des Muskels eine Abduktionsbewegung der Stimmbänder zu erzielen (King, 1939).

1941 empfahl Kelly die extralaryngeale Arytaenoidektomie. Nach Fensterung des Schildknorpels exartikulierte und resezierte er den Aryknorpel. Die Stimmlippe wurde anschliessend lateralisiert und durch eine Chromcatgutnaht am äusseren Perichondrium des Thyroids befestigt (Kelly, 1941).

Weite Verbreitung fand ein extralaryngeales Verfahren, das von de Graaf Woodman 1946 erstmals beschrieben und zwischenzeitlich mehrfach modifiziert wurde. Über eine Incision durch das Perichondrium langs der hinteren Grenze des Schildknorpels und seines unteren Hornes stellte er das Cricoarytaenoidgelenk dar. Der Aryknorpel wurde freigelegt und entfernt. Mit einer Naht zog er dann die Stimmlippe nach lateral und befestigte sie am unteren Horn des Schildknorpels (Woodman, de Graaf, 1946, 1948). 1953 konnte er von 521 Operationen berichten, die von 9o Operateuren in USA, Kana-

da, Europa und Südamerika durchgeführt worden waren. Eine postoperative Verbesserung war bei 88,3% der Patienten zu verzeichnen, wobei diesbezüglich nur subjektive Angaben der Patienten herangezogen wurden (Woodman, de Graaf, 1953).

Kressner veröffentlichte 1947 „zwei neue Verfahren bei bilateraler Posticusparalyse". Beide Verfahren gehen aus von der Erkenntnis, dass nur mit einer Verlagerung des Aryknorpels eine dauernde und für die Atmung ausreichende Stellungsänderung der Stimmlippe zu erreichen ist.
Bei dem ersten verlagerte Kressner den mobilisierten Aryknorpel in ein vorbereitetes Bett in der Schildplatte und erzielte damit eine Laterofixation mit leichter Tiefersetzung der Stimmlippe. Er erreichte somit am Patienten eine ausreichende Luftdurchgängigkeit, jedoch war das Ergebnis für die Stimmbildung nicht befriedigend.
Deshalb wurde in einem zweiten Verfahren die Seitwärtsverlagerung des Aryknorpels weniger weit getrieben, dafür jedoch eine maximale Tieferstellung vorgenommen, sodass die Erweiterung der Glottis hauptsächlich in der Vertikalebene erfolgte. Der weitgehend mobilisierte Aryknorpel wurde ebenfalls in ein für ihn vorbereitetes Lager in der Ringknorpelplatte eingefügt. Es sollte sich dadurch eine kulissenartige Umgestaltung des Kehlkopfes ergeben (Kressner, 1947).

Thornell entwickelte 1949 die intralaryngeale Arytaenoidektomie. Nach submucöser Präparation und Exstirpation des

Stellknorpels wurde das Wundbett elektrokoaguliert. Die durch den Narbenzug auftretende Lateralbewegung der Stimmlippen wurde durch das Tragen eines Kunststoff-Obturators zwischen den Stimmbändern in den ersten postoperativen Tagen verstärkt und nach Konsolidierung der Wunde fixiert (Thornell, 1949).

Die Idee der Muskelverpflanzung griff 1949 Perello wieder auf, indem er den M. sternothyroideus am Stimmband befestigte, um dieses nach lateral ziehen zu lassen.
1953 verband Moser den M. posticus mit dem M. sternocleidomastoideus.

Die Technik der Recurrens-Neurolyse beschrieb A. Miehlke (1958). Nach Darstellung des distalen und proximalen Abschnittes des N. recurrens wurde der freigelegte Nerv in Amniongewebe gehüllt, um die Bildung neuer Adhäsionen zwischen dem Nerven und dem umgebenden Gewebe zu verhindern (Miehlke, 1958).

1968 empfahl Kleinsasser die endolaryngeale Arytaenoidektomie mit submuköser, longitudinaler Hemicordektomie. Verwendung fand dabei das Instrumentarium der endolaryngealen Mikrochirurgie und ein Zeiss-Operatiosmikroskop mit 4oo mm Objektiv (Kleinsasser, 1968).

In der obigen chronologischen Darstellung der Behandlung der doppelseitigen Recurrensparese fehlt die Aufführung des Tracheostomas mit liegender Sprechkanüle. Diese seit langem

fenes Lager nach lateral und oben verschoben wird. Durch diese Latero-Vertikalverlagerung des Stimmbandes nach oben in den excidierten Taschenbandbezirk kann die Stimmlippe den Bewegungen des Taschenbandes, dessen Innervation vom N. recurrens unabhängig ist, folgen.
Dem in den Taschenbandbereich nach Art einer Verschiebeplastik eingenähten Stimmband liegt das Taschenband der Gegenseite gegenüber. Diese gleichsam neugeschaffene Glottis besitzt eine aktive, wenn auch begrenzte Bewegungsmöglichkeit, sodass die Fähigkeit einer gewissen Luftdosierung besteht.

## II Anatomie des N. recurrens

Die motorische Innervation des Kehlkopfes erfolgt bekanntlich durch den N. recurrens, bzw. dessen Endast den N. laryngeus inferior und den äusseren Ast des N. laryngeus superior. Ihre motorischen Fasern entstammen dem Nucleus ambiguus des N. vagus in der Medulla oblongata. Eine genauere Lagebeschreibung gelang Moser, der das Zentrum der die Kehlkopfabduktoren versorgenden Fasern in den mittleren Abschnitt, und das Zentrum der die Kehlkopfadduktoren versorgenden Fasern in den caudalen Abschnitt des Nucleus

Stellknorpels wurde das Wundbett elektrokoaguliert. Die durch den Narbenzug auftretende Lateralbewegung der Stimmlippen wurde durch das Tragen eines Kunststoff-Obturators zwischen den Stimmbändern in den ersten postoperativen Tagen verstärkt und nach Konsolidierung der Wunde fixiert (Thornell, 1949).

Die Idee der Muskelverpflanzung griff 1949 Perello wieder auf, indem er den M. sternothyroideus am Stimmband befestigte, um dieses nach lateral ziehen zu lassen.
1953 verband Moser den M. posticus mit dem M. sternocleidomastoideus.

Die Technik der Recurrens-Neurolyse beschrieb A. Miehlke (1958). Nach Darstellung des distalen und proximalen Abschnittes des N. recurrens wurde der freigelegte Nerv in Amniongewebe gehüllt, um die Bildung neuer Adhäsionen zwischen dem Nerven und dem umgebenden Gewebe zu verhindern (Miehlke, 1958).

1968 empfahl Kleinsasser die endolaryngeale Arytaenoidektomie mit submuköser, longitudinaler Hemicordektomie. Verwendung fand dabei das Instrumentarium der endolaryngealen Mikrochirurgie und ein Zeiss-Operatiosmikroskop mit 4oo mm Objektiv (Kleinsasser, 1968).

In der obigen chronologischen Darstellung der Behandlung der doppelseitigen Recurrensparese fehlt die Aufführung des Tracheostomas mit liegender Sprechkanüle. Diese seit langem

fenes Lager nach lateral und oben verschoben wird. Durch diese Latero-Vertikalverlagerung des Stimmbandes nach oben in den excidierten Taschenbandbezirk kann die Stimmlippe den Bewegungen des Taschenbandes, dessen Innervation vom N. recurrens unabhängig ist, folgen.
Dem in den Taschenbandbereich nach Art einer Verschiebeplastik eingenähten Stimmband liegt das Taschenband der Gegenseite gegenüber. Diese gleichsam neugeschaffene Glottis besitzt eine aktive, wenn auch begrenzte Bewegungsmöglichkeit, sodass die Fähigkeit einer gewissen Luftdosierung besteht.

## II Anatomie des N. recurrens

Die motorische Innervation des Kehlkopfes erfolgt bekanntlich durch den N. recurrens, bzw. dessen Endast den N. laryngeus inferior und den äusseren Ast des N. laryngeus superior. Ihre motorischen Fasern entstammen dem Nucleus ambiguus des N. vagus in der Medulla oblongata. Eine genauere Lagebeschreibung gelang Moser, der das Zentrum der die Kehlkopfabduktoren versorgenden Fasern in den mittleren Abschnitt, und das Zentrum der die Kehlkopfadduktoren versorgenden Fasern in den caudalen Abschnitt des Nucleus

ambiguus verlegte (Moser, 1958). Sämtliche motorischen Fasern werden zunächst im N. accessorius zusammengeführt und gelangen erst über den extracerebral gelegenen Ramus medialis zum N. vagus (Mündnich, Mandl, 1956).

Der N. laryngeus superior zweigt schon sehr bald nach Verlassen des N. vagus durch das Foramen jugulare aus der Schädelbasis ab, verläuft an der medialen Seite der Arteria carotis interna nach caudal und teilt sich dann in seine beiden Endäste. Sein Ramus internus ist rein sensibel, während der Ramus externus auch motorische Fasern mit sich führt, die den M. cricothyroideus und den M. constrictor pharyngis inferior innervieren.

Wesentlich grössere Bedeutung hat in diesem Zusammenhang der N. recurrens, da er alle übrigen Kehlkopfmuskeln nerval versorgt. Er zeigt beim Seitenvergleich einen asymmetrischen Verlauf. Links trennt er sich vom Hauptstamm des N. vagus in Höhe des Aortenbogens, zieht um diesen herum und verläuft zwischen Oesophagus und Trachea nach cranial. Rechts erfolgt die Trennung vom Vagushauptast bereits in Höhe der Arteria subclavia dextra, zieht ebenfalls um diese herum und verläuft auch hier in gleicher Weise zwischen Oesophagus und Trachea cranialwärts.

Ehe der N. recurrens in den Kehlkopf eintritt, gibt er zwei bis acht Äste ab, denen ausschliesslich sensible Funktionen zukommen. Intralaryngeal erfolgt die Aufteilung in zwei Hauptäste, den Ramus postero-medialis und

den Ramus antero-medialis.
Der rein sensible Ramus postero-medialis, der in 8o% der Fälle mit dem N. laryngeus superior anastomosiert, bildet die „Ansa Galeni".
Dem Ramus antero-medialis kommt die motorische Versorgung der Kehlkopfabduktoren und -adduktoren zu (Keros, Nemanic, 1967).
Dieser anatomisch gesehen asymmetrische Verlauf des N. recurrens veranlasste Krmpotic zu intensiven anatomisch-histologischen Studien. Beim Seitenvergleich ergab sich für die Länge, die von der Medulla oblongata bis zum M. arytaenoideus gemessen wurde, links ein durchschnittlicher Wert von 42,6 cm und rechts 32,2 cm, also eine Differenz von 1o,4 cm. Die durchschnittliche Dicke des Nerven betrug links 7,3 und rechts 5,4 , also eine Differenz von 1,9 (Krmpotic, 1958).
Da die Impulse bekanntlich auf beiden Seiten das Erfolgsorgan - die Kehlkopfmuskeln - zu gleicher Zeit erreichen, müssen sie im linken N. recurrens aufgrund der grösseren Länge zwischen cerebralem Zentrum und Erfolgsorgan schneller geleitet werden als rechts, was durch die grössere Dicke des linken Nerven physiologisch zu erklären ist.
Eine tiefergehende Untersuchung der motorischen Fasern im N. recurrens an Katzen und Ziegen hatte zum Ergebnis, dass die meisten Fasern von einer dicken Markscheide umgeben sind und ausschliesslich zu den Kehlkopfadduktoren führen, hingegen die wenigen dünnen Nervenfasern die Abduktorenmuskeln versorgen (Murtagh, Campbell, 1948).

## III Ursachen der doppelseitigen Recurrensparese

Aufgrund des anatomischen Verlaufes kann der N. vagus im Bereich der bulbären Kerngebiete und insbesondere in seinem peripheren Anteil verletzt werden. Hier ist es besonders der N. recurrens, der wegen seines langen Weges vielfältigen Schädigungsmöglichkeiten ausgesetzt ist. Nach einer Untersuchung von Goff war der linke N. recurrens doppelt so oft betroffen wie der rechte, was auf seine grössere Länge zurückgeführt wird (Goff, 197o).

Die häufigste Ursache doppelseitiger Recurrensparesen ist die Strumektomie (Böhme, 1966, Cornut, 1968, Parnell, 197o, Goff, 197o). Nach einer Zusammenstellung von 18o Recurrensparesen nach Strumektomie geht hervor, dass besonders die erste Rezidivstrumektomie die Gefahr der Nervenschädigung in sich birgt (Kornmesser, 1969).

Ein Viertel der Recurrenslähmungen bleibt ätiologisch ungeklärt und läuft unter der Diagnose der ideopathischen Recurrensparese (Parnell, 197o, Goff, 197o). Hier spielt die virusbedingte Neuritis eine nicht unerhebliche Rolle, da diese Stimmbandlähmungen häufig während oder im Anschluss an grippale Infekte zur Beobachtung kommen (Frank, 1971).

Weitere Ursachen peripherer doppelseitiger Recurrens-

paresen sind Traumen, Neoplasien, mechanische,toxische, metabolische und inflammatorische Veränderungen im Hals- und Mediastinalbereich und an der Schädelbasis (Parnell, 197o).
Eine zentral bedingte Lähmung wurde beim Avellis-Syndrom beobachtet (Cornut, 1968). Auf die congenitale Recurrensparese wies Goff hin (Goff, 197o). Cortikale Stimmbandlähmungen sind nicht bekannt, da der Nucleus ambiguus von beiden Grosshirnhemisphären innerviert wird.

## IV Symptome bei doppelseitiger Recurrensparese

Das auffallendste Symptom bei der doppelseitigen Recurrensparese ist die Luftnot. Sie kann in manchen Fällen eine sofortige Tracheotomie erforderlich machen, während andere Kranke sich erstaunlich lange mit der erwähnten Lähmung abfinden (Berendes, 1956).
Es kommt vor allem zum inspiratorischen Stridor. Ein längeres Bestehen der Dyspnoe kann zu einem irreparablen Lungenemphysem und ventilationsbedingten Blutgasveränderungen durch chronische Hypoxie führen (Ulmer, Reif, 1965, Ganz, 1967).

Veränderungen am Herzen finden sich besonders dann, wenn das Grundleiden - Hyperthyreose und Hypothyreose - bereits Schäden hinterlassen hat oder weiterbesteht. Myocardschäden, Tachycardie, Herzinsuffizienz und ungenügende Blutversorgung sind die Folge.

Insbesondere kann die längerbestehende Lähmung zu einer Versteifung im Cricoarytaenoidgelenk führen, womit eine weitere Verengung des Glottisspaltes eintritt. Gelegentlich kann auch eine Tetanie als Folge der Epithelkörperchenschädigung den Zustand weiter komplizieren (Berendes, 1963).

Abb. 1 Halbschematische Darstellung der Paramedianstellung bei doppelseitiger Recurrensparese

Die Stimmlippen stehen bei doppelseitiger Recurrensparese vorwiegend in der Paramedianstellung (Abb. 1) (Berendes, 1956, Hartenau, Schwetz, 1957, Luchsinger, Arnold, 1959). Die Breite der Stimmritze schwankt dabei zwischen o,5 mm und 1 mm (Adran, Kemp, 1967).
Die Intermediärstellung zeigt sich bei einem kleineren Prozentsatz der Fälle. Nach Berendes beruht letztere auf der Lähmung aller inneren Kehlkopfmuskeln, sowie des M. cricothyroideus, der vom N. laryngeus superior innerviert wird. Demnach entsteht diese Stimmlippenstellung am ehesten bei hoher Vagusverletzung und bei Verletzung des N. recurrens und des N. laryngeus superior (Berendes, 1956).

Durch den fehlenden Tonus und die ausbleibende Aktivität der inneren Kehlkopfmuskeln kommt es bei doppelseitiger Recurrensparese auch zu einer Beeinflussung der Phonation, die sich jedoch meist nur in einer Einschränkung des Stimmumfanges äussert. Brahm stellte fest, dass die Werte um etwa 1/2 - 1 Oktave unter den Normwerten liegen (Brahm, 1952). Gelegentlich klingt die Stimme heiser und monoton, bei vorliegender Intermediärstellung sogar völlig aphonisch (Berendes, 1956).

V Taschenbandbeweglichkeit bei doppelseitiger Recurrensparese

Bei der Phonation treten die Taschenbänder normalerweise nicht zusammen, sondern bilden einen nach caudal offenen Bogen. Beim Schlucken und Husten aber findet man ein Zusammentreffen der Taschenbänder und somit einen Verschluss des Kehlkopfes. Bereits 1871 beschrieb Luschka diesen Vorgang und verstand ihn als Schutzfunktion für die darunterliegenden Stimmbänder, wobei er die Taschenbänder mit Lidern verglich (Luschka, 1871).

Ein Drei-Sphinkter-System des Kehlkopfes beschrieb Pressman, und zwar den oberen aryepiglottischen Sphinkter, den mittleren Taschenbandsphinkter und den unteren Stimmbandsphinkter (Pressman, 1955). Dem aryepiglottischen Sphinkter kommt als Funktion der Schutz der unteren Luftwege zu. Der Taschenbandsphinkter ist ebenfalls für den Schutz des Luftweges und zudem noch für die Regulierung von Bauch- und Brustdruck verantwortlich (Paludetti, 1960), was sich eindrucksvoll in einer Erhöhung des intraabdominalen Druckes beim Stuhlgang und bei der Geburt äussert (Freud, 1962). Der Stimmbandsphinkter ist in erster Linie zur Stimmbildung befähigt.

Bei funktionellen Stimmstörungen, wie der hyperkinetischen Dysphonie, beim Vorliegen einer doppelseitigen Recurrensparese oder nach traumatischen bzw. operationsbedingten

Stimmbanddefekten (Cordektomie) kann man häufig beobachten, dass es zu einer Ausbildung einer „Ersatzstimme" kommt, die durch Adduktionsbewegungen der Taschenbänder hervorgerufen und als Taschenbandstimme bezeichnet wird (Döhne, 1942, Arnold, 1948, Segre, 1951, Panconcelli-Calzia, 1953, Saunders, 1956, Fred, 1962).

Exakte histomorphologische Untersuchungen erbrachten Klarheit besonders über das Vorkommen und die Zahl muskulärer Elemente im Taschenband. Die Zahl der Muskelfasern ist hier sehr variabel. Von einem echten Taschenbandmuskel kann nicht gesprochen werden. Die Fasern, die aus dem M. thyreoarytaenoideus und dem M. aryepiglotticus stammen, liegen meist nicht dicht gepackt, sondern vereinzelt vor. Sie haben lediglich eine gewisse Bedeutung beim Ausdrükken der Glandulae laryngeae, die im Taschenband in grosser Zahl vorliegen. Die darunterliegenden Stimmlippen werden durch sie befeuchtet und somit vor Austrocknung, die zur Heiserkeit führt, geschützt (Segre, 1951, Paludetti, 196o, Bozzi, 1964, Clementelli, 1966).

Einen wichtigen Beitrag zur Klärung der Taschenbandsprache leistete A. Rethi. Aufgrund seiner klinischen Erfahrungen und exakter anatomischer Untersuchungen brachte er verschiedene Muskeln, die er unter dem Begriff des „stylopharyngealen Muskelsystems" zusammenfasste, ursächlich für die Taschenbandbeweglichkeit in Zusammenhang.
Zu diesem Muskelsystem zählen der M. stylopharyngeus, der

M. palatopharyngeus, der M. aryepiglotticus und der M. arytaenoideus obliquus. Der wichtigste Muskel dieses Systems ist der M. stylopharyngeus. Normalerweise kommt ihm beim Schluckakt zusammen mit den steil nach oben verlaufenden Fasern der Mm. constrictores pharyngis die Aufgabe zu, die Pharynxwand anzuheben. Deshalb wurde er auch als Levator des Pharynx bezeichnet (Siegelbauer, 1958).
Nur an seinem Ursprung - an der Basis des Processus styloideus - ist der M. stylopharyngeus vom M. palatopharyngeus, der seinen Ansatz am weichen Gaumen hat, getrennt. Bei ihrem gemeinsamen caudalen Verlauf erreichen die beiden Muskeln in Höhe des Foramen caecum die Rachenschleimhaut. Hier erfolgt eine Aufsplitterung in verschiedene Bündel:

1. Zum Rachen
2. In die Plica pharyngo-epiglottica zur Epiglottis
3. Zum Ringknorpel
4. Zur Aryknorpelbasis und zum Crus inferior des M. arytaenoideus obliquus
5. Zum M. aryepiglotticus, der in das Crus superior des M. arytaenoideus obliquus übergeht.

Luschka bezeichnete die Fasern ad 1. als Pars pharyngotonsillaris und die Fasern ad 2.-5. als Pars laryngea des M. stylopharyngeus (Luschka, 1871).
Die übergangslose Verschmelzung der einzelnen Muskeln dieses Systems ist auch aus einer bildlichen Darstellung aus der 'Praktischen Anatomie' von Lanz-Wachsmuth zu ersehen (Abb. 2) (v. Lanz-Wachsmuth, 1955).

Abb. 2 Übergangslose Verschmelzung des M. stylopharyngeus mit dem M. aryepiglotticus und dem M. arytaenoideus obliquus.

Aus v. Lanz-Wachsmuth, Praktische Anatomie, Bd. I, Springer Verlag 1955

Rethi beobachtete nun, dass es beim Ausbilden einer Taschenbandstimme fast immer zu einem Gegeneinanderdrücken der Aryknorpel und einer gleichzeitigen Vorwölbung bzw. zu einem vollständigen Ausfüllen des Bodens des Recessus piriformis kommt. Der Grund dieser Beobachtung wurde in einer Kontraktion der - sekundär hypertrophierten - Pars laryngea des M. stylopharyngeus gesehen. Somit wurde der M. stylopharyngeus für die Taschenbandbeweglichkeit verantwortlich gemacht. Eine Bestätigung dieser Annahme fand er bei seinen Untersuchungen über den anatomischen Verlauf (s. o.) und bei seinen therapeutischen Erfolgen bei der Taschenbandstimme nach submucöser Injektion von Novocain-Adrenalin-Lösung an den M. stylopharyngeus, sowie nach operativer Durchtrennung des erwähnten Muskels.
Somit führt - bei der Störung der normalen Funktion der Stimmbänder - die Kontraktion des gesamten stylopharyngealen Systems, besonders aber die Pars laryngea des M. stylopharyngeus, zu einer aktiven Bewegung der Taschenbänder und damit zu einem zumindest teilweisen Ersatz der Stimmlippentätigkeit (Rethi, 1933,1933,1933,1934,1935, 1935,1952).
Dieser von Rethi beschriebene und vom N. recurrens unabhängige Funktionsmechanismus wurde auch von anderen Autoren vertreten (Segre, 1951, Beckmann, 1953, Berendes,1956).

Die nervliche Innervation des stylopharyngealen Systems muss auf einem anderen Wege erfolgen, als die der übrigen Kehlkopfmuskeln, was durch die Beweglichkeit der Taschen-

bänder bei Patienten mit doppelseitiger Recurrensparese bestätigt wird. Nach Rethi kommt ausschliesslich der N. glossopharyngeus als Innervator in Betracht, was jedoch nicht exakt bewiesen ist (Berendes, 1956). Pressman beschrieb eine Doppelinnervation - besonders des M. arytaenoideus transversus und obliquus - durch den N. laryngeus superior, was nach beidseitiger Recurrensparese in annähernd normaler Funktion des Taschenbandsphinkters und des aryepiglottischen Sphinkters sichtbar wird, da diese Muskeln sowohl in die Taschenfalten als auch in die Plica aryepiglottica einstrahlen (Pressman, 1955).
Als sicher gilt die motorische Versorgung des M. stylopharyngeus und des M. palatopharyngeus über den Plexus pharyngeus, einem Nervengeflecht - auf der Rückseite des Pharynx gelegen - das von Fasern des N. glossopharyngeus, des N. vagus und des Truncus sympathicus gebildet wird (Pernkopf, 1952, Siegelbauer, 1958, Waldeyer, 1967).

Durch die experimentellen und klinischen Untersuchungen von Rethi und den Beobachtungen von Segre, Beckmann und Berendes ist zumindest als sicher anzunehmen, dass die klinisch nachweisbare und - für die endolaryngeale Lateralfixation bedeutende - Beweglichkeit der Taschenbänder in funktioneller Unabhägigkeit vom N. recurrens steht. Es ist dabei insbesondere klinisch unerheblich, ob der von Rethi beschriebene und bisher nicht zu widerlegende Funktionsmechanismus in allen Details anzunehmen ist.

C Die endolaryngeale Lateralfixation

Die Idee der nachfolgend beschriebenen Operationsmethode lag darin, eine teilweise bewegliche Stimmritze zu schaffen, welche die Möglichkeit einer aktiven Luftdosierung gestattet, um damit Atmung und Stimmbildung gleichzeitig zu berücksichtigen.

Da eine Spontanwiederkehr der Recurrensfunktion äusserst selten beobachtet wird und Ergebnisse über operative Massnahmen am N. recurrens in nur spärlicher Form vorliegen, hat man nach einem anderen, von der Recurrensinnervation unabhängigen Funktionsmechanismus gesucht. Daher lag es nahe, sich die Bewegung der Taschenbänder, deren Funktionsmechanismus bereits diskutiert wurde, zunutze zu machen.

Ein weiteres Problem, das bei der spontanen Remission, bzw. operativen Wiederherstellung der Recurrensfunktion beachtet werden muss, ist die Ankylose im Cricoarytaenoidgelenk, die nach zwischenzeitlicher Ruhigstellung des Gelenkes eintritt. Die Ruhigstellung des Gelenkes, die bis zum Wiedereintritt der Recurrensfunktion besteht, kann nach histologischen (Messerklinger, Probst, 1953, Miehlke, 1957), klinischen (Jeschek, 1938) und tierexperimentellen (Langnickel, 1973) Untersuchungen zur Ankylose führen, und damit - trotz Wiedereintritt der Recurrensfunktion - der Beweglichkeit der

Stimmbänder entgegenstehen.

Nicht zu übersehen wäre auch noch das Problem der gemischten Innervation. Dieses besagt, dass nach einer Reinnervation nicht alle Neuriten an ihre zugehörigen motorischen Endplatten, sondern nach statistischer Verteilung gleichermassen an die Endplatten der Stimmritzenöffner und ihrer Antagonisten, der Stimmritzenschliesser, Anschluss finden. Diese gemischte Innervation bringt es mit sich, dass trotz elektromyographisch nachgewiesener Reinnervation der Kehlkopfmuskulatur klinisch keine Bewegung der Stimmbänder eintritt, da eine entsprechende Koordination der Larynxmuskeln nicht mehr gegeben ist (Faaborg-Andersen, 1957, Miehlke, 1969).

Aufgrund der erwähnten Überlegungen erschien es daher von Bedeutung, eine zumindest teilweise bewegliche Stimmritze zu schaffen, welche von der Funktion des N. recurrens unabhängig ist und deren Bewegung nicht durch eine Ankylose im Cricoarytaenoidgelenk gehemmt wird.

Technik

Dieses Verfahren stellt eine Weiterentwicklung der Thornell'schen Arytaenoidektomie dar. Es wurde an der hiesigen Hals-Nasen-Ohrenklinik von Langnickel und Koburg entwickelt und als endolaryngeale Lateralfixation bezeichnet. Das Prinzip dieses Verfahrens besteht darin, dass nach

der Arytaenoidektomie das gelähmte Stimmband mit dem noch bewegungsfähigen Taschenband vernäht wird.

Die Operation wird auf der Seite des nicht oder weniger beweglichen Stimmbandes ausgeführt. Vor dem Eingriff wird wegen des zu erwartenden postoperativen Larynxoedems die Tracheotomie durchgeführt, soweit der Patient als Folge der Luftnot nicht ohnehin Kanülenträger ist. Nach Intubation durch das Tracheostoma und Einstellung des Kehlkopfes mit Hilfe des Stützlaryngoskopes wird die Schleimhaut der Eminentia arytaenoidea und das dazugehörige Taschenband mit einem adrenalinhaltigen Lokalanaesthetikum infiltriert.

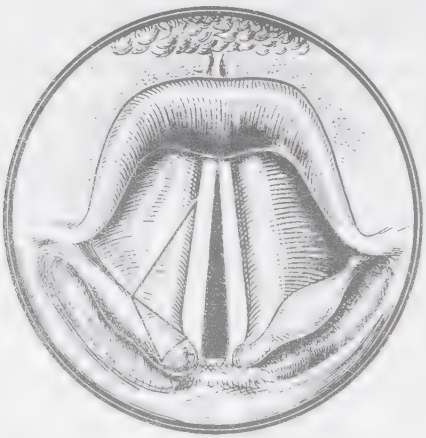

Abb. 3 Halbschematische Darstellung der Schnittführung links

3

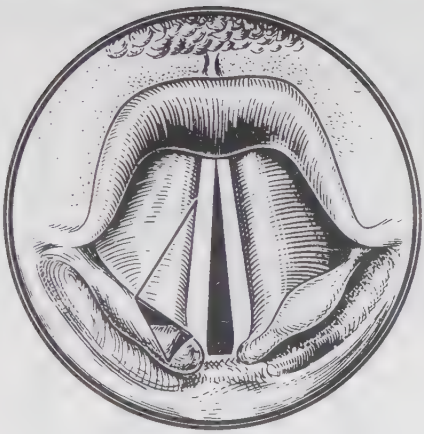

Abb. 4 Zustand nach Schleimhautexcision über der Eminentia arytaenoidea links,
Aryknorpel ist in der Tiefe sichtbar

Die gesamte Operation wird mit Hilfe des Operationsmikroskopes bei Verwendung eines Objektives mit der Brennweite von 4oo mm (Kleinsasser, 1968) und den Instrumenten durchgeführt, die von Gabriel und Kleinsasser für die endolaryngeale Microchirurgie angegeben wurden.

Zunächst wird die Arytaenoidektomie (Thornell) durchgeführt, die in Abb. 3 und 4 dargestellt ist.

Es folgt die Abtrennung des Stimmbandes vom Conus elasticus im Bereich seiner hinteren zwei Drittel und die seitliche Trennung vom M. thyreoarytaenoideus lateralis.

Dieser Muskel wird dann zunächst in seinem endoskopisch zugänglichen Teil reseziert. Es schliesst sich die Taschenbandresektion an (Abb. 5).

5

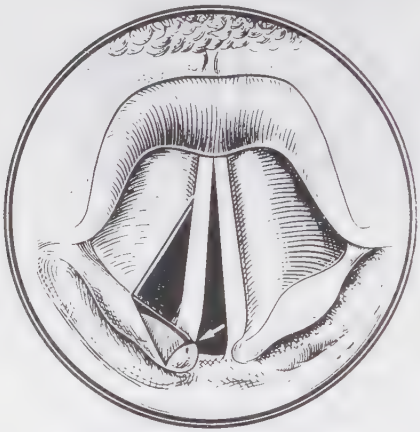

Abb. 5 Zustand nach Arytaenoidektomie links mit dreieckförmiger Taschenbandexcision,
Pfeil kennzeichnet die Incision im Bereich der hinteren Kommissur

Die Grösse der zu entfernenden Taschenbandfläche ist abhängig von der Weite des Kehlkopfes und erfolgt in der hinteren Hälfte bzw. den hinteren zwei Dritteln des Taschenbandes. Der enge Kehlkopf erfordert die grössere Resektionsfläche.

Das nun mobile Stimmband wird nach lateral und oben an den Resektionsrand des Taschenbandes verlagert und in

Abb. 6 Zustand nach endolaryngealer Latero-Vertikalverlagerung des linken Stimmbandes

dieser Situation mit atraumatischer ooo Merselene vernäht (Abb. 6).

Die Fäden werden 14 Tage später entfernt. Zu diesem Zeitpunkt ist die Schwellung im Larynx in den meisten Fällen abgeklungen, sodass damit gleichzeitig das Dekanulement verbunden ist. Mögliche Granulationen an der Nahtstelle (Taschenband-Stimmband) und an der Entnahmestelle des Aryknorpels können dabei abgetragen werden. In seltenen Fällen tritt postoperativ ein subepitheliales Oedem des Stimmbandes - im äusseren Erscheinungsbild mit dem Reincke' Oedem zu vergleichen - auf, sodass gleichzeitig die Enthäutung des Stimmbandes erforderlich wird (Langnickel, Koburg, 1970, 1972).

## D Klinische Untersuchungen

Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es, die Funktionsweise dieses endolaryngealen Verfahrens kontrastlaryngologisch darzustellen und die mit der erwähnten Methode erzielten postoperativen funktionellen Ergebnisse - Atmung und Stimmbildung - zu ermitteln und kritisch auszuwerten.

Die endolaryngeale Lateralfixation wird an der Tübinger Klinik seit dem Jahre 1969 durchgeführt. Bis zum Dezember 1972 - dem Schlusstermin der vorliegenden Untersuchungen - wurden 42 Patienten nach diesem Verfahren operiert, wobei der operative Eingriff teilweise an auswärtigen Kliniken erfolgte. Unterlagen über prae- und postoperative Untersuchungsergebnisse dieser Patienten liegen nicht vor, bzw. wurden an den entsprechenden Kliniken nicht angefertigt. Die routinemässige prae- und postoperative Untersuchung der Atemfunktion und der Stimmbildung wird an der hiesigen Klinik seit 1971 angewandt. Wenn die Zahl der angeführten Patienten mit prae- und postoperativen Ergebnissen nur 15 beträgt, so liegt dies neben den erwähnten Gründen auch daran, dass ein Teil der Patienten nicht zur Nachuntersuchung kam, zumal die Anreiseentfernungen teilweise erheblich waren.

## I Röntgenkontrastlaryngographie

Die Methode der Kontrastlaryngographie ermöglicht es, die Konturen des Kehlkopfinneren darzustellen und Funktionsabläufe röntgenologisch abzubilden. Es sollten die durch die endolaryngeale Lateralfixation bedingten anatomischen Veränderungen röntgenologisch erfasst und die funktionellen Bewegungsabläufe bei Inspiration und bei Phonation dargestellt werden.

### 1. Methode

Nach der Praemedikation des Patienten mit Atropin und Dicodid wird der Kehlkopf in indirekter Laryngoskopie mit 2%-igem Pantocain anaesthesiert. Anschliessend werden 6 - 1o ml Propyliodon als Kontrastmittel durch eine entsprechend gebogene Kehlkopfspritze indirekt in das Larynxinnere und den angrenzenden Hypopharynx instilliert.
Es folgen dann Röntgenaufnahmen im anterio-posterioren Strahlengang und im schrägen Durchmesser bei Ruheatmung, bei Inspiration, Phonation (Vokal e) und beim Valsalva-Versuch (Kilman, 1971).

Untersucht wurden auf diese Weise 1o Patienten post operationem, die wegen einer doppelseitigen Recurrensparese operiert worden waren.

## 2. Ergebnisse

Bei der Analyse der Kontrastlaryngogramme zeigte sich, dass durch die Latero-Vertikalverlagerung des Stimmbandes in den excidierten Taschenbandbereich der Ventrikel weitgehend verstreicht, im vorderen Drittel jedoch erhalten bleibt. Die typische Taschenband-Stimmbandkonfiguration ändert sich auf der operierten Seite. Dem latero-vertikal verlagerten Stimmband liegt das - ebenfalls bewegliche - Taschenband der anderen Seite gegenüber. Es wurde somit gleichsam eine neue Glottis geschaffen.

Abb. 7 Kontrastlaryngogramm nach endolaryngealer Lateralfixation des rechten Stimmbandes bei Inspiration

Abb. 8 Kontrastlaryngogramm nach endolaryngealer Lateralfixation des rechten Stimmbandes bei Phonation

Die Veränderung der Taschenbandebene bei Inspiration und Phonation, als auch beim Versuch nach Valsalva war röntgenologisch in allen Fällen nachweisbar. Ein kompletter Schluss der neu geschaffenen Glottis wurde bei 5 Patienten beobachtet.

Die abgebildeten Kontrastlaryngogramme zeigen den Zustand nach Latero-Vertikalverlagerung des rechten Stimmbandes

bei Inspiration und Phonation. Der rechte Ventrikel ist - als Folge der Operation - verstrichen. Die unterschiedliche Weite der Taschenbandebene, in dessen rechter Hälfte das Stimmband vernäht wurde, kennzeichnet den unterschiedlichen Funktionszustand bei Inspiration und Phonation. Diese Beweglichkeit wurde klinisch bei der Hälfte der untersuchten Patienten 3 bis 4 Monate post operationem beobachtet, während sich bei den übrigen Patienten der auf der Bewegung der Taschenbänder beruhende Funktionsmechanismus erst nach 6 bis 8 Monaten, gegebenenfalls durch unterstützende Stimmübungsbehandlungen, anbahnte.

## II Lungenfunktionsprüfung

### 1. Methode

Um die postoperative Verbesserung der ventilatorischen Leistung nach Durchführung der endolaryngealen Lateralfixation prüfen zu können, wurden prae- und postoperativ die Vitalkapazität, die exspiratorische 1-Sekunden-Kapazität, die inspiratorische 1-Sekunden-Kapazität, der Atemgrenzwert und der Atemwegswiderstand in Ruheatmung und bei Hechelatmung gemessen und verglichen. Die Hechelatmung entsprach der Atmung bei körperlicher Belastung.
Die Bestimmung der Strömungswiderstände erfolgte durch den Ganzkörperplethysmographen, die übrigen Messgrössen wurden durch das Spirometer ermittelt.

Die Vitalkapazität ist jenes Atemvolumen, welches nach maximaler Inspiration ausgeatmet werden kann. Sie ist bei doppelseitiger Recurrensparese eingeschränkt, was auf die extreme inspiratorische Strömungsgeschwindigkeit zurückzuführen und somit funktionell bedingt ist. Da die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit zu einem Unterdruck in der Glottis - und damit zu einer weiteren Verengung der Stimmritze - führt, muss auch die inspiratorische 1-Sekunden-Kapazität - jener Anteil der Vitalkapazität, der in

einer Sekunde maximal eingeatmet werden kann - deutlich reduziert sein. Die exspiratorische 1-Sekunden-Kapazität - der Teil der Vitalkapazität, der in einer Sekunde maximal ausgeatmet werden kann - ist ebenfalls eingeschränkt, jedoch bedeutend geringer als der entsprechende inspiratorische Wert. Damit wird auch verständlich, warum der Atemgrenzwert - jenes pro Minute ventilierte maximale Atemvolumen - bei einer Paramedianstellung der Stimmbänder verringert sein muss (Lillie, 1964, Böhme, 1969, Matthys, 1972).

Der Strömungswiderstand in den Bronchialwegen wird analog zum Ohm'schen Widerstand als Quotient der Druckdifferenz zwischen Alveole und Aussenluft (praktisch identisch mit dem Alveolardruck $P_A$ ) und dem dabei fliessenden Volumenstrom ( $\dot{V}$ ) angegeben.

$$R = \frac{P_A}{\dot{V}} \quad (\text{cm } H_2O \text{ / l/sec})$$

Bei der Bestimmung des Strömungswiderstandes R mit dem Ganzkörperplethysmographen nach Dubois sitzt der zu Untersuchende in einer luftdicht verschliessbaren Kammer und atmet Luft aus einem Atembeutel, welche auf 37 Grad erwärmt und völlig mit Wasserdampf gesättigt ist. Der bei der Atmung auftretende Volumenstrom wird durch einen

Pneumotachographen fortlaufend aufgezeichnet. Simultan dazu werden die während der Atmung durch die Thoraxdehnung bzw. -kompression auftretenden Kammerdruckschwankungen registriert.
Die physikalische Grundlage ist dabei das Boyle-Mariottesche Gesetz, nach dem in einem geschlossenen Raum bei konstanter Temperatur das Produkt aus Druck und Volumen konstant bleibt.

$$P \cdot V = \text{const.}$$

Durch sorgfältiges Abstimmen der Atemlufttemperatur und des Wasserdampfdruckes in der Atemluft gelingt es, diese Gesetzmässigkeit innerhalb des Plethysmographen zu erfüllen.
Die registrierten Kammerdruckschwankungen sind also dem Alveolardruck in der Lunge proportional.
Werden beide Grössen, der Volumenstrom auf der Ordinate und der Alveolardruck auf der Abszisse eines X/Y-Schreibers aufgetragen, so ergeben sich Druck-Strömungskurven, aus deren Steilheit der Strömungswiderstand - auch als Resistance bezeichnet - berechnet werden kann (Comroe, Forster, Dubois, Briscoe, Carlsen, 1964, Ulmer, Reif, 1965, Ulmer, Reif, Weller, 1966, Nolte, 1971).

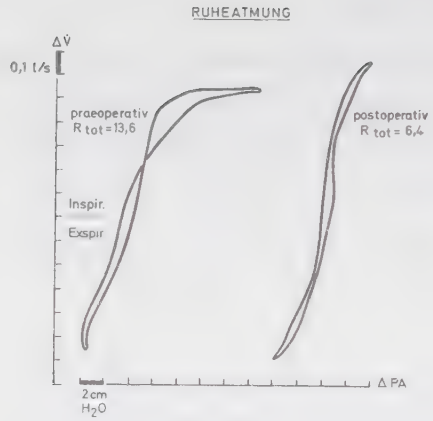


Abb. 9 Prae- und postoperatives plethysmographisches Druck-Volumenstrom-Diagramm einer Patientin bei Ruheatmung. $R_{tot}$ = Totaler Strömungswiderstand

Abb. 9 und 1o zeigen die graphische Darstellung der - in Abhängigkeit vom Volumenstrom - ermittelten Druck-[illegible] einer Patientin vor und nach endolaryngealer Laserresektion bei Ruheatmung und bei Hechelatmung.

Der Volumenstrom Null ist aus den Kurven nicht zu ersehen. Eine Einheit auf der Ordinate entspricht o,1 l/sec Volumenstrom und auf der Abszisse 2 cm $H_2O$ Alveolardruck.

Die praeoperativen Widerstandskurven zeigen deutlich den steilen Anstieg des Strömungswiderstandes während der Inspiration, der in der Endinspirationsphase nahezu asymptotisch wird. Dieser asymptotische Kurvenverlauf im Inspirium war praeoperativ in allen Fällen nachweisbar und ist charakteristisch für das Vorliegen einer doppelseitigen Recurrensparese.

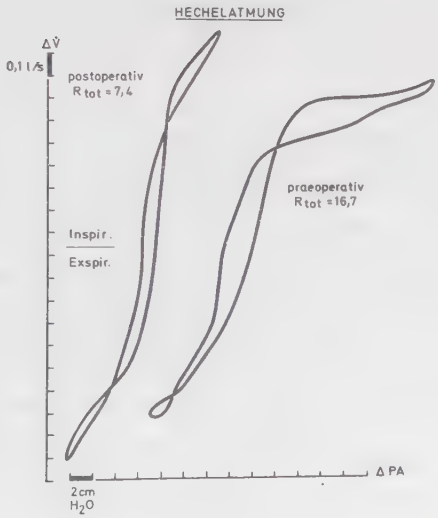


Abb. 1o Prae- und postoperatives plethysmographisches Druck-Volumen-Diagramm einer Patientin bei Hechelatmung. $R_{tot}$= Totaler Strömungswiderstand

Nach operativer Erweiterung der Glottis wurde das Kurvenrelief flacher und glich sich mehr dem S-förmigen Relief der normalen Druck-Volumenstrom-Kurve an. Der bei Ruheatmung gemessene totale Strömungswiderstand ($R_{tot}$) reduzierte sich von 13,6 auf 6,4 , der entsprechende Widerstand für Hechelatmung verkleinerte sich von 16,7 auf 7,4 .

2. Messwerte

Nachfolgend werden die prae- und postoperativ ermittelten Werte nach endolaryngealer Lateralfixation dargestellt. Es zeigte sich , dass nach Durchführung des glottiserweiternden Eingriffes eine mittlere prozentuale Zunahme aller spirometrisch und plethysmographisch erhaltener Grössen eingetreten war, was eine Verbesserung durch den operativen Eingriff bedeutet.
Eine prozentuale Erhöhung der inspiratorischen 1-Sekunden-Kapazität war um 6o,9% zu beobachten. Der Atemwegswiderstand in Ruhe nahm um 42,6% und der entsprechende Wert für Hechelatmung um 26,5% ab. Die mittlere prozentuale Zunanme des Atemgrenzwertes betrug 36,1%, der Vitalkapazität 13,7% und der exspiratorischen 1-Sekunden-Kapazität 31,7%.

Dieses zahlenmässige Verhältnis, das von 15 nachuntersuchten Patienten ermittelt wurde, ist aus der folgenden Tabelle zu ersehen.

| | Zahl der Patienten | prae-operativ | post-operativ | Verbesserungen in % |
|---|---|---|---|---|
| Vitalkapazität | 15 | 35,7 | 4o,6 | 13,7 |
| exspiratorische 1-sec-Kapazität | 15 | 2o,5 | 27,o | 31,7 |
| inspiratorische 1-sec-Kapazität | 15 | 13,55 | 21,8 | 6o,9 |
| Atemgrenzwert | 15 | 474,o | 645,o | 36,1 |
| Atemwegswiderstand bei Ruheatmung | 15 | 119,6 | 68,61 | 42,6 |
| Atemwegswiderstand bei Hechelatmung | 15 | 162,56 | 119,46 | 26,5 |

Die hier aufgeführten prozentualen Verbesserungen der einzelnen Messgrössen sind auch aus der graphischen Darstellung zu entnehmen (Abb.11).

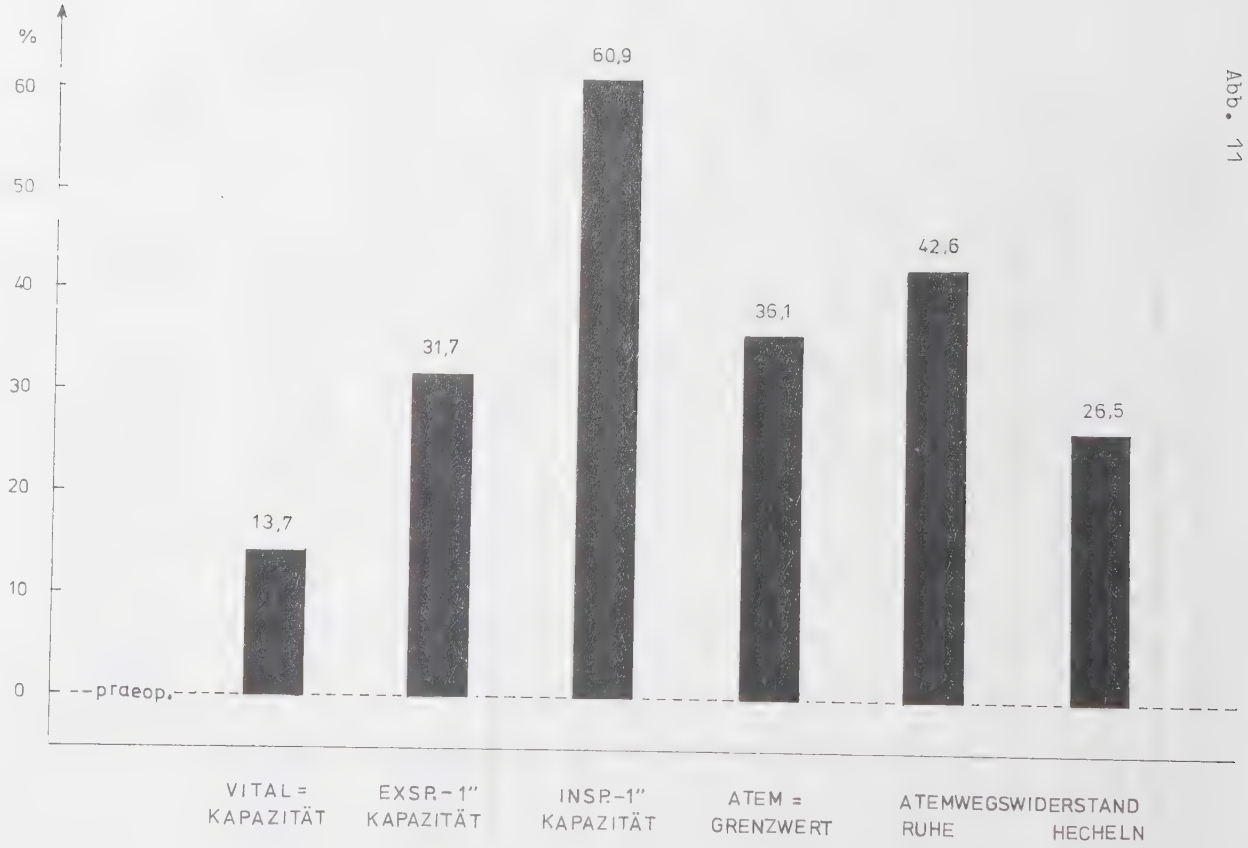
%
60
50
40
30
20
10
0
--praeop.----
13,7
31,7
60,9
36,1
42,6
26,5
VITAL = KAPAZITÄT
EXSP.-1" KAPAZITÄT
INSP.-1" KAPAZITÄT
ATEM = GRENZWERT
ATEMWEGSWIDERSTAND RUHE
HECHELN

Abb. 11

## 3. Statistische Auswertung

Um die prae- und postoperativen Messdaten statistisch abzusichern, haben wir uns des Paardifferenzen-Testes von F. Wilcoxon bedient. Durch dieses Verfahren sollte geprüft werden, ob die Differenz zwischen den prae- und postoperativen Werten zufallsbedingt (nicht signifikant) oder als Ergebnis der durchgeführten Operation (signifikant) anzusehen ist.
Dies wurde mit der Hypothese, dass zwischen beiden Vergleichswerten kein signifikanter Unterschied besteht, mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha$ = o,o1 bzw. $\alpha$ = o,o5 geprüft.

### Ausführung des Testes

Es werden die Paardifferenzen der prae- und postoperativ ermittelten Werte gebildet. Die o-Werte finden keine Beachtung und werden in die Testreihen nicht aufgenommen. Alle übrigen Differenzen werden dem Betrage nach geordnet. Unter jeden Wert wird sein Vorzeichen, dann die Platznummer und schliesslich der Rang geschrieben. Letzterer ist die mit dem genannten Vorzeichen versehene Platznummer, bzw. das arithmetische Mittel der Platznummer betragsgleicher Werte. Schliesslich wird die Summe der negativen Ränge gebildet, die als Testgrösse $U_o$ bezeichnet wird. Einer Zahlentafel kann man dann entnehmen, ob die Hypothese angenommen oder verworfen wird (Kreyszig, 197o, Geigy, 1968, Sachs, 1969).

Testreihen

Vitalkapazität

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Betrag | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 1,0 | 1,0 | 1,3 |
| Vorzeichen | - | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Platz Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Rang | -1,5 | 1,5 | -3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 5,5 | 5,5 | 9 | 10,5 | 10,5 | 12 |

exspiratorische 1-Sekunden-Kapazität

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Betrag | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 1,0 |
| Vorzeichen | + | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + |
| Platz Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Rang | 1,5 | 1,5 | 3 | 4 | 5,5 | 5,5 | 7 | -10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 13 | 14 |

inspiratorische 1-Sekunden-Kapazität

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Betrag | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 1,2 |
| Vorzeichen | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Platz Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Rang | -1,5 | 1,5 | 3 | 4,5 | 4,5 | 6 | 7,5 | 7,5 | 9,5 | 9,5 | 11,5 | 11,5 | 13 |

Atemgrenzwert

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Betrag | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 12 | 12 | 16 | 16 | 17 | 18 | 21 | 23 | 28 |
| Vorzeichen | - | - | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Platz Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Rang | -1 | -2 | 3 | -4 | 5 | 6,5 | 6,5 | 8,5 | 8,5 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

Atemwegswiderstand bei Ruheatmung

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Betrag | 0,3 | 0,3 | 1,1 | 1,9 | 2,1 | 2,8 | 3,2 | 4,3 | 5,3 | 5,6 | 6,4 | 6,9 | 12,1 |
| Vorzeichen | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + | + |
| Platz Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Rang | 1,5 | 1,5 | 3 | 4 | 5 | -6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |

Atemwegswiderstand bei Hechelatmung

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Betrag | 0,9 | 1,1 | 1,1 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 3,9 | 3,9 | 4,3 | 5,2 | 9,1 | 11,3 | 13,7 |
| Vorzeichen | + | + | + | − | + | − | − | + | + | + | + | + | + | + |
| Platz Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1o | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Rang | 1 | 2,5 | 2,5 | 4,5 | 4,5 | 6,5 | 6,5 | 8,5 | 8,5 | 1o | 11 | 12 | 13 | 14 |

Ermittlung der Testgrösse $U_o$ und Beurteilung der Hypothese

| | $U_o$ | $\alpha$ | Hypothese angenommen | Hypothese verworfen |
|---|---|---|---|---|
| Vitalkapazität | 7 | o,o1 | - | + |
| exspiratorische 1"-Kapazität | 11 | o,o1 | - | + |
| inspiratorische 1"-Kapazität | 1,5 | o,o1 | - | + |
| Atemgrenzwert | 7 | o,o1 | - | + |
| Atemwegswiderstand bei Ruheatmung | 6 | o,o1 | - | + |
| Atemwegswiderstand bei Hechelatmung | 17,5 | o,o5 | - | + |

Bei allen respiratorischen Messgrössen konnte im Sinne der Fragestellung eine statistische Signifikanz festgestellt werden, d. h. die Verbesserungen sind als Ergebnis der durchgeführten Operation aufzufassen.

## III Stimmprüfung

Ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung eines glottiserweiternden Eingriffes ist ferner die objektive Untersuchung der Stimmqualität durch das Sonagramm und durch die Prüfung der Lärmresistenz und Anpassungsfähigkeit der Stimme.

### 1. Sonagraphie

#### a. Methode

Die Sonagraphie - auch Visible Speech genannt - ermöglicht es, die veränderliche spektrale Zusammensetzung eines Lautvorganges in Teiltonzeilen sichtbar zu machen.
Die graphische Darstellung erfolgt durch ein Gerät, den Sonagraphen, welches von den „Bell Telephone Laboratories" entwickelt und von der „Kay Electric Company" hergestellt wurde.
Die zu untersuchende Stimme wird bei hoher akustischer Isolation und reduzierter Nachhallzeit in einer Camera silens auf Tonband aufgenommen. Ein Lesekopf im Sonagraphen tastet das Tonband ab. Das so erhaltene Signal wird über einen Verstärker in ein elektrisches Filtersystem eingegeben, in dem die Frequenzanalyse erfolgt. Das Ergebnis

dieser Analyse wird mit einem Registrierstift auf Spezialpapier übertragen. Auf diese Weise erhält man ein Bild, wobei auf der Ordinate linear die Frequenz und auf der Abszisse die Zeitspanne abgelesen werden kann. Der Grad der Schwärzung entspricht dabei der Intensität der gefilterten Komponenten. Diese aufgezeichnete Schallanalyse wird als Sonagramm bezeichnet (Luchsinger, Arnold, 1959, van den Berg, 1962, Paulsen, 1967).

Bewertung der Sonagramme

Unter Verwendung verschiedener Filter lassen sich die Sonagramme unterscheiden in Schmal- und Breitbandanalysen. Breitbandanalysen (wide band analysis) dienen als Übersichtsbilder und zur Geräuschanalyse. Verwendung finden dabei Filter mit einem Auflösungsvermögen von 3oo Hz. Zur Vokalanalyse und für detaillierte Bilder, die unter Verwendung eines Filters mit einem Auflösungsvermögen von 45 Hz hergestellt werden, benützt man die Schmalbandanalysen (narrow band analysis).

Die lineare Frequenzskala, die bei der sonagraphischen Darstellung die Ordinate bildet, kann verschiedene Frequenzbreiten umfassen. In der Literatur sind Skalen angegeben von 85-12ooo Hz(Paulsen,1967, Dillenschneider,1969), von 85-8ooo Hz (van den Berg, 1962, Schönhärl, 1963) und von 4o-4ooo Hz (Schlöndorff, 1971). Der letztere Frequenzbereich ist besonders zur Vokalanalyse geeignet, da

die für diese Analyse interessierenden Amplituden nur bis etwa 4ooo Hz auftreten.

Im normalen Sonagramm wird ein Grundton und eine Reihe von Obertönen in Form von Linien bzw. Bändern abgebildet (Bauer, 1957). Eine Abhängigkeit des Grundtones und der höheren Obertöne im Sonagramm vom Schwingungsverlauf der Stimmbänder stellte Schönhärl fest. Nach seinen eigenen Beobachtungen setzt sich der Schwingungsmechanismus aus zwei verschiedenen und voneinander unabhängigen Bewegungen zusammen. Einmal aus einer Grundschwingung, die von der ganzen Masse der Stimmlippen ausgeführt wird,und die sich aus einer vertikalen und einer horizontalen Komponente zusammensetzt. Zum anderen aus einer wellenartigen Formveränderung und Verschiebung der Schleimhaut an den Stimmlippenrändern, die er als „Randkantenverschiebung" bezeichnet. Eine sonagraphische und stroboskopische Untersuchung an 3oo Patienten brachte ihn zu der Annahme, dass der Grundton im Sonagramm der Grundbewegung im Schwingungsablauf und die Darstellung der höheren Obertöne der Randkantenverschiebung entspreche (Schönhärl, 1963).

Die Anzahl der Obertöne hängt ab von der Tonhöhe, von der Intensität und vom Resonanzraum. Diese Obertöne werden aber im Sonagramm nicht gleich abgebildet. Bestimmte Frequenzbereiche werden abgeschwächt, andere erscheinen verstärkt. Die verstärkt erscheinenden, gewissermassen

herausgefilterten Gebiete werden als Formanten bezeichnet. Sie stellen Resonanzen des Sprachtraktes - speziell des Ansatzrohres - dar und sind veränderlich durch Bewegungen der sog. Artikulationsorgane - Lippen, Kiefer mit Zähnen, Zunge und weicher Gaumen mit Uvula - (Schroeder, 1966, Schlöndorff, 1971).

Der Bereich des Grundtones schwankt zwischen 8o-25o Hz beim Mann, 15o-35o Hz bei der Frau und 25o-5oo Hz beim Kind (Dillenschneider, 1969). Bei Vokalen zeigt sich für Formant 1 ein Frequenzbereich von 4oo-1ooo Hz, Formant 2 liegt zwischen 5oo-18oo Hz (Winkel, 1954). Die Formanten 3 und 4 sind noch weniger gut bekannt.

b. Ergebnisse

Die Untersuchungen wurden prae- und postoperativ an 15 Patienten durchgeführt, die wegen einer doppelseitigen Recurrensparese operiert worden waren. Der Vokalanalyse wurde dabei eine besondere Bedeutung zugemessen, da sich Veränderungen des Stimmklanges in der Sprache nur im Bereich der stimmhaften Sprachlaute bemerkbar machen.
Die Vokale a, e, i, o, u wurden von den Patienten in einer Camera silens prae- und postoperativ auf ein Magnettonbandgerät (Kudelski/Nagra, Vollspur 38 cm/sec)

aufgenommen und die auf Band gespeicherten Vokale einem Schmalbandfilter zugeführt und mit dem Pegelschreiber Bruel & Kjaer, Type 2305, registriert.

Bei der vergleichenden Gegenüberstellung der Vokalanalyse zeigte sich im Sonagramm postoperativ ein Abfall der Amplitude von den hohen zu den tiefen Frequenzen. Das Sonagramm liess bei allen Patienten eine klare Phonation der

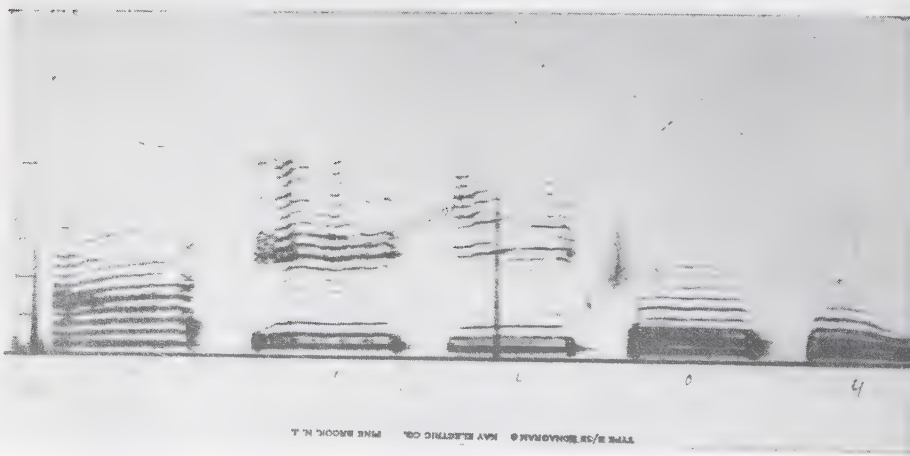

Abb. 12 Praeoperatives Sonagramm nach endolaryngealer Lateralfixation.
Darstellung der Vokale a, e, i, o, u

Vokale erkennen, die der Normalstimme ähnlich ist. Formant 1 und 2 waren dabei immer deutlich zu erkennen, im Bereich der Formanten 3 und 4 zeigten sich jedoch meist nur verwaschene Frequenzzeichen oder waren sonagraphisch nicht nachweisbar.
Schliesslich war der mittlere Frequenzbereich - also der Hauptsprachbereich von 500-2500 Hz - postoperativ erhalten (vergl. Abb. 12, 13 und 14).

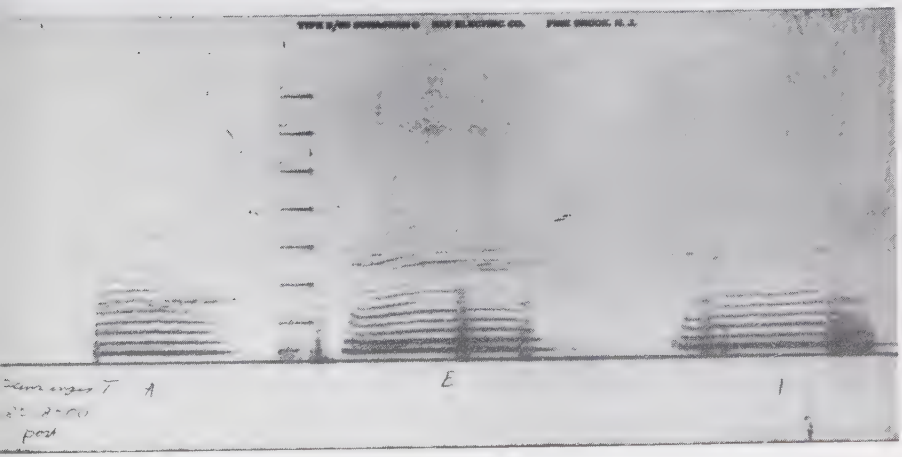


Abb. 13 Postoperatives Sonagramm nach endolaryngealer Lateralfixation.
Darstellung der Vokale a, e, i

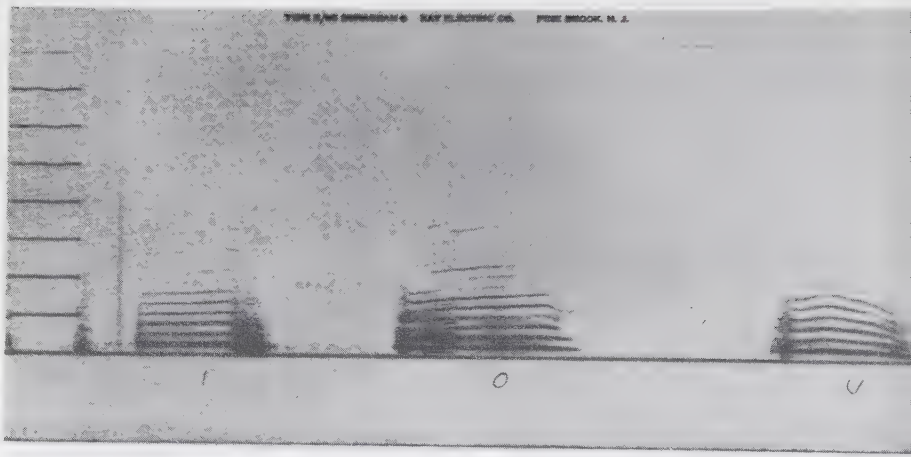


Abb. 14 Postoperatives Sonagramm nach endolaryngealer Lateralfixation.
Darstellung der Vokale i, o, u

## 2. Lärmresistenz und Anpassungsfähigkeit der Stimme

### a. Methode

Eine besondere Aussage über die Qualität der Stimme stellen die Prüfungen der Lärmresistenz der Stimme und ihre Anpassungsfähigkeit gegen Lärmsituationen dar, zumal diese Kriterien für die phonetische Kommunikation von entscheidender Bedeutung sind.

Bei der Prüfung der Störlärmresistenz ist es dabei vorteilhaft, die Stimme unter der gleichen Lärmbelastung aufzunehmen, bei der ihre Verdeckbarkeit geprüft werden soll. Der Grund hierfür ist im Lombard' schen Phänomen zu sehen, welches besagt, dass jeder Sprecher unter Lärmbelastung eine Sprache produziert, die verglichen mit der 'Ruhesprache' lauter ist und sich als weniger verdeckungsanfällig erweist.

Die grössere Verdeckungsresistenz der 'Lombard-Stimme' beruht auf einer stärkeren Ausbildung der Amplituden im Obertonbereich des Stimmklanges. Die 'Lombard-Stimme' ergibt sich aus einer Funktionsänderung der Stimmbandschwingungen im Zusammenwirken mit dem exspirierten Luftstrom. Bei Störungen der Stimmbandschwingungsfähigkeit (z. B. doppelseitige Recurrensparese) kann ein Vergleich der 'Ruhestimme' mit der 'Lombard-Stimme' Aufschluss über das Störungsausmass

geben.
Wird die Verdeckbarkeit der 'Ruhestimme' in Relation zur 'Lombard-Stimme' gesetzt, ergibt sich ein Mass für die Anpassungsfähigkeit der Ruhestimme an Lärmsituationen.

Bei diesen Untersuchungen wurde die Stimmqualität kehlkopfgesunder Normalpersonen mit der postoperativen Stimme - nach endolaryngealer Lateralfixation - verglichen. Beide Personengruppen sprachen fünf Testsätze auf Tonband. Diese Tonbandaufnahmen erfolgten einmal ohne Störlärm und bei Vertäubung (weisses Rauschen) beider Ohren mit 80 dB. Die Bandaufnahmen beider Gruppen wurden über Lautsprecher in einer Camera silens gleichzeitig mit einem Geräuschpegel (weisses Rauschen) normalhörenden Testpersonen angeboten, die über Erfahrungen in sprachaudiometrischen Untersuchungen verfügten. Bestimmt wurde dabei für jeden Satz die minimale Lautstärke für die volle Verständlichkeit.

Als Maßstab für die Untersuchungen wurde die Differenz der Verständlichkeit in dB herangezogen, welche sich aus der Verständlichkeit der Sätze in 'Ruhesprache' in dB minus der Verständlichkeit der Sätze in 'Lombard-Sprache' in dB ergibt.

b. Messwerte

Die Untersuchungen erfolgten einmal an 15 Patienten, bei denen wegen einer doppelseitigen Recurrensparese eine endolaryngeale Lateralfixation durchgeführt worden war. Zum anderen Teil wurden 15 kehlkopfgesunde Normalpersonen ausgewählt, die in etwa der Alters- und Geschlechtsverteilung der ersten Gruppe entsprachen. Die Messwerte wurden relativiert, tabellarisch (s. u.) aufgeführt und im relativen Summenhäufigkeitsdiagramm (Abb. 15) dargestellt.

| dB | rel. Σ-Häufigkeit | |
|---|---|---|
| | kehlkopfgesunde Sprecher | Sprecher nach endolaryngealer Lateralfixation |
| o | o,129 | o,o66 |
| 5 | o,172 | o,264 |
| 1o | o,215 | o,528 |
| 15 | o,559 | o,528 |
| 2o | o,9o3 | o,726 |
| 25 | o,989 | o,924 |
| 3o | - | o,924 |
| 35 | - | o,99o |

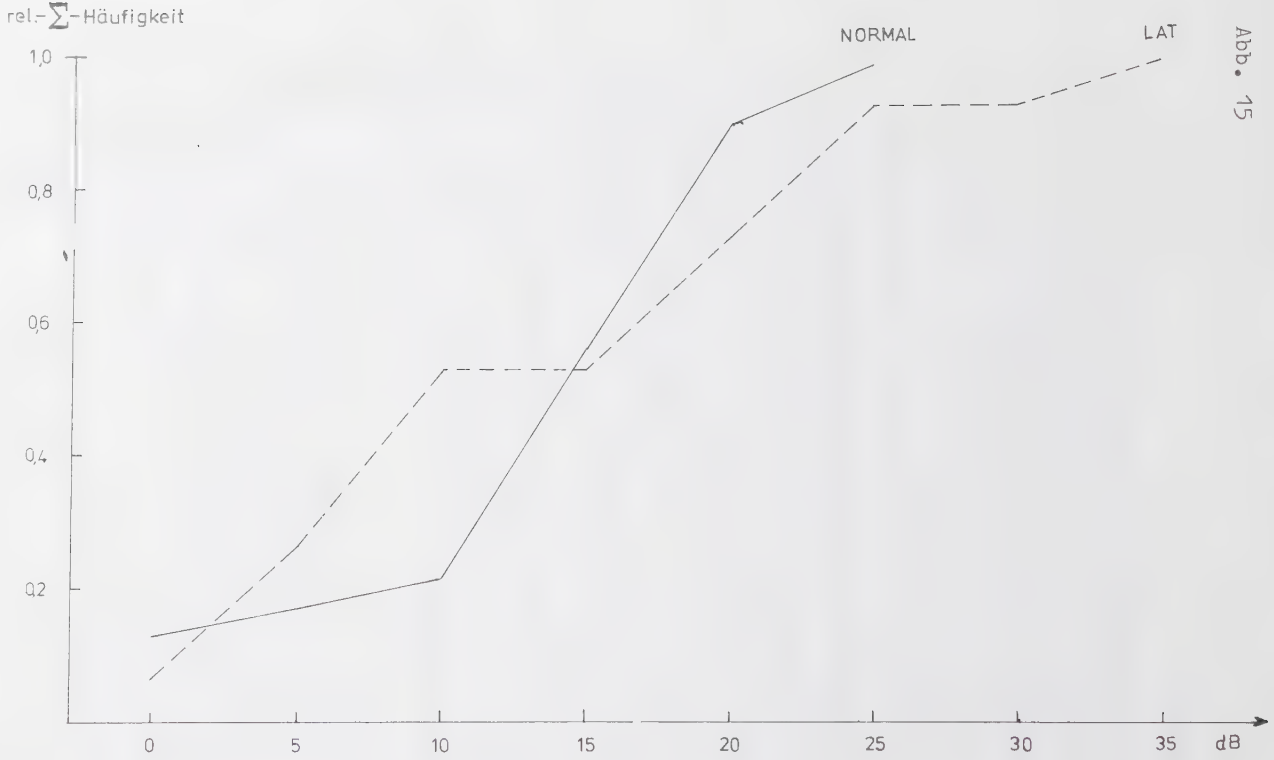


Abb. 15

c. Statistische Auswertung

Um die oben dargestellte Verteilung der beiden Personengruppen vergleichen zu können, bedienten wir uns des statistischen Testes von Kolmogorow-Smirnow. Mit diesem Test liess sich im Sinne der Fragestellung die Lärmresistenz und die Anpassungsfähigkeit der Stimme nach endolaryngealer Lateralfixation im Vergleich zur Normalstimme statistisch überprüfen.
Zu diesem Zweck wurde die Hypothese formuliert, dass die Werte der beiden Personengruppen der gleichen Grundgesamtheit entstammen. Als Prüfgrösse D wurde der grösste Ordinatenabstand der beiden Summenkurven herangezogen:

$$\left|D\right| = \max \left|F(\text{normal}) - F(\text{Lat})\right|$$

Es ergab sich somit für $\left|D\right| = 0{,}313$

Nach der Tafel der kritischen Werte für die Prüfgrösse D unterschieden sich die Verteilungen der beiden Gruppen weder auf der 1% noch auf der 5% Signifikanzebene. Die aufgestellte Hypothese musste damit angenommen werden, d. h. es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Stimme nach endolaryngealer Lateralfixation und der Normalstimme nachgewiesen werden (Lienert, 1962, Biom. Wörterbuch, 1968, Kreyszig, 1970).

## E Diskussion

Zur Funktionsprüfung des Kehlkopfes - insbesondere nach glottiserweiternden Eingriffen - sollten verschiedene Untersuchungen durchgeführt werden. Dazu gehören neben den klinischen Routineuntersuchungen der direkten und indirekten Laryngoskopie auch Atemwegswiderstandsmessungen, frequenzanalytische, stroboskopische und gegebenenfalls photographische sowie elektromyographische Untersuchungen, die unter anderem auch bei Begutachtungsfragen von Bedeutung sein können.

### I Beurteilung der Lungenfunktionsprüfung

Bei Patienten mit doppelseitiger Recurrensparese stellt der teilweise oder nahezu vollständige Glottisschluss eine Atemwegsobstruktion dar. Von besonderem Interesse erschien es uns daher einmal bei der erwähnten bilateralen Posticusparese spirometrische und plethysmographische Untersuchungen durchzuführen und die Änderungen der Messdaten nach dem beschriebenen glottiserweiternden Eingriff zu ermitteln. Hierzu wurde ein breites Spektrum von Ventilationsprüfungen herangezogen (Vitalkapazität, exspiratorische 1-Sekunden-Kapazität, inspiratorische 1-Se-

kunden-Kapazität, Atemgrenzwert, Atemwegswiderstand bei Ruhe- und Hechelatmung).

Bei allen bisher durchgeführten spirometrischen Untersuchungen zeigten sich bei Patienten mit doppelseitiger Recurrensparese verständlicherweise reduzierte Werte im Vergleich zu Normalpersonen.
Die Werte für die Vitalkapazität lagen dabei an der unteren Grenze der Norm. Eine Erklärung könnte darin zu suchen sein, dass infolge des chronischen Sauerstoffmangels bei der verlängerten Exspiration schon ein Inspirationsimpuls auftritt, ehe das gesamte Residualvolumen ausgeatmet worden ist (Böhme, 1969).
Die forciert ventilierten Volumina (exspiratorische 1-Sekunden-Kapazität, inspiratorische 1-Sekunden-Kapazität) waren stark erniedrigt, wobei sich hier ein Überwiegen der inspiratorischen Atembehinderung fand (Lillie, 1964, Böhme, 1969). Dies lässt sich nach Carlens durch die Ventilfunktion der Stimmlippen erklären (Carlens, 1960). Durch die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit kommt es zu einem Unterdruck in der Glottis und damit zu einer weiteren Verengung der Stimmritze (Langnickel, 1973). Auf die Bedeutung der inspiratorischen 1-Sekunden-Kapazität wiesen insbesondere Schönthal und Kyambi hin. Sie konnten damit Stenosen der oberen Luftwege, besonders der Trachea und des Larynx, quantitativ erfassen (Schönthal, Kyambi, 1969).

Der Atemgrenzwert wird von manchen Autoren insbesondere zur Beurteilung von Glottisstenosen nach kehlkopferweiternden Eingriffen empfohlen (Carlens, 1954, Schiratzky, 1965).

Bei den plethysmographischen Messungen lassen sich exakt und einfach die Atemwegswiderstände bei Ruhe- und Hechelatmung - die der Atmung bei körperlicher Belastung entspricht - ermitteln. Der nasale Widerstand wird dabei vernachlässigt, da durch den Mund geatmet wird. Den übrigen Atemwegswiderstand, der von Matthys in einen Atemwegswiderstand der oberen und der unteren Luftwege unterteilt wurde, wird vom Ganzkörperplethysmographen erfasst. Die oberen Luftwege umfassen dabei die Mundhöhle, den Pharynx, den Larynx und den cranialen Teil der Trachea. Zu den unteren Luftwegen zählen der caudale Teil der Trachea, der Bronchialbaum, die Bronchien und die Alveolen (Matthys, 1972).

Bei vergleichender Gegenüberstellung der postoperativen Werte mit den praeoperativen Ausgangswerten zeigte sich - nach Durchführung des glottiserweiternden Eingriffes - eine mittlere prozentuale Zunahme aller erwähnten Messgrössen.
Die inspiratorische 1-Sekunden-Kapazität konnte durchschnittlich um 6o,9% gesteigert werden. Der Atemgrenzwert zeigte postoperativ eine Erhöhung um 36,1%, die exspiratorische 1-Sekunden-Kapazität um 31,7% und auch die

Vitalkapazität war mit 13,7% noch deutlich verbessert. Die prozentuale Verbesserung des Atemwegswiderstandes bei Ruheatmung um 42,6% entspricht einer Reduzierung des Widerstandes auf weniger als 60% des praeoperativen Vergleichwertes. Bei Hechelatmung konnte eine Verbesserung um 26,5% festgehalten werden.
Die Unterschiede der prae- und postoperativ ermittelten Messwerte wurden mit Hilfe des Wilcoxon-Testes auf ihre statistische Signifikanz geprüft. Dabei wurden keine Mittelwerte gebildet, sondern von jedem einzelnen Patienten die Differenz zwischen dem prae- und postoperativen Wert der einzelnen Messgrössen ermittelt. Es konnte dabei gezeigt werden, dass alle postoperativen Verbesserungen nicht zufallsbedingt, sondern als Ergebnis der durchgeführten Operation zu betrachten waren.

Mit diesen exakten Messungen war es möglich - unabhängig von den subjektiven Empfindungen der Patienten - einen objektiven Nachweis der Atemverbesserungen nach endolaryngealer Lateralfixation durchzuführen.

## II Beurteilung der Stimmprüfung

Schon lange hatte man versucht eine objektive Stimmbeurteilung bei Patienten mit Stimmbandlähmungen, bzw. nach operativer Behandlung (Glottiserweiterung) durchzuführen. Der geübte Laryngologe wäre - nach Ansicht von Moses - in der Lage die 5 R's (Register, Rang, Resonanz, Rhythmus, Respiration) wahrzunehmen (Moses, 1948). Stimmuntersuchungen am Harmonium ermöglichten Brahm den Stimmumfang in Oktaven anzugeben (Brahm, 1952). Mit dem Siemens-Tonfrequenz-Spektrometer konnte der gesamte Tonbereich in einzelne „Filtermaschen" vom Abstand 1/3 Oktave aufgeteilt werden (Bauer, 1957).

Heute bietet sich vor allem die - in der modernen Kriminalistik bereits verwendete - Sonagraphie zur Beurteilung der Stimmqualität an. Bei Patienten mit doppelseitiger Recurrensparese zeigten sich im Sonagramm auffallende Veränderungen. Die klare Darstellung des Grundtones und der Obertöne war gestört, das Frequenzspektrum zeigte eine komplette Destrukturierung, die einzelnen Frequenzen wurden verschwommen dargestellt. Cornut bezeichnete dies als „Schattenzonen" (Cornut, 1968). Frank sprach von „Schummerung", welche durch eine Unsicherheit der Tonführung - wie das bei einer Diplophonie üblich ist - hervorgerufen wird (Frank, 1971). Schönhärl machte die verminderte Randkantenverschiebung beim Schwingungsablauf dafür verantwort-

lich (Schönhärl, 1963)
Man fand weiterhin eine starke Einschränkung der Amplitude im Bereich der hohen Frequenzen. Dies machte sich in erster Linie im Obertonbereich, also an der Klangfarbe der Stimme, bemerkbar. Nach Untersuchungen von Frank wurde bei keinem der geprüften Vokale und Konsonanten die Frequenz von 2800 Hz überschritten. Dazu kam, dass nur bis 800 Hz eine verstärkte Frequenzzeichnung vorlag, während im Bereich darüber nur vereinzelt verwaschene Frequenzzeichen zu erkennen waren (Frank, 1971).

Bei vergleichender Gegenüberstellung der Vokalanalyse liess sich im postoperativen Sonagramm eine klare Phonation der Vokale - die der Normalstimme ähnlich ist - erkennen. Formant 1 und 2 waren bei jedem Patienten deutlich zu identifizieren. Zudem zeigte sich, dass die Amplituden der postoperativ aufgezeichneten Frequenzen den mittleren Frequenzbereich - also den Hauptsprachbereich von 500-2500 Hz - voll umfassten.

Als Kriterium für die Beurteilung der Stimmqualität liess sich ferner die Resistenz der Stimme gegen die Verdeckung durch Störlärm und deren Anpassungsfähigkeit an Lärmsituationen verwenden. Mit diesem Verfahren gelang es, die Stimme kehlkopfgelähmter mit jener kehlkopfgesunder Personen zu vergleichen und in Bezug auf ihre soziale Kommunikation - unter Ausschluss aesthetischer Komponenten -

einzustufen.

Bei diesen Prüfungen konnte gezeigt werden, dass bei beiden Gruppen ähnliche Verteilungen im Summenhäufigkeitsdiagramm auftraten. Mit dem Test von Kolmogorow-Smirnow war kein statistisch signifikanter Unterschied beider Verteilungen nachweisbar, d. h. nach endolaryngealer Lateralfixation ergab sich eine Stimme, die in Bezug auf die soziale phonetische Kommunikation als im Normbereich liegend einzustufen ist.

Die durchgeführten Stimmprüfungen lassen somit den Schluss zu, dass nach endolaryngealer Lateralfixation - trotz Kehlkopferweiterung - die Stimme gut bleibt.

## III Fazit

Mit der Methode Langnickel-Koburg, die eine aktive Beweglichkeit des operierten Stimmbandes zulässt, lässt sich bei Patienten mit doppelseitiger Recurrensparese eine gute und verständliche Stimme - bei deutlich verbesserter Atmung - erreichen.

## F Zusammenfassung

Die Röntgenkontrastlaryngographie nach endolaryngealer Lateralfixation zeigte am Patienten die postoperative Veränderung des Kehlkopfprofils und die sich ändernde „Glottisweite" bei Inspiration und bei Phonation.

Anhand der Ergebnisse der Lungenfunktionsprüfung nach dem glottiserweiternden Eingriff konnte bei vergleichender Gegenüberstellung der postoperativen Werte mit den praeoperativen eine prozentuale Zunahme aller Messgrössen gezeigt werden, was einer Verbesserung der Atemfunktion entsprach.

Die zufriedenstellende und objektiv nachweisbare Stimmfunktion, die auf der aktiven Beweglichkeit des in die Taschenbandebene verlagerten Stimmbandes beruht, konnte sonagraphisch festgestellt werden. Die Kommunikationsfähigkeit der erzielten Stimme war als im Normbereich liegend einzustufen.

## G Literaturverzeichnis


Adran,G. M., F. H. Kemp: Laryngeal Function following lateral Fixation of a Vocal Cord; British J. of Disordres of Comm. 2 (1967) 15-22

Arnold, G.E.: Die traumatischen und konstitutionellen Störungen der Stimme und Sprache; Verlag Urban & Schwarzenberg, Wien, 1948

Bauer, H.: Neuere Untersuchungsmethoden des Kehlkopfes als Grundlage von Diagnose und Therapie bei Erkrankungen der Stimme; Ärztliche wochenschrift, 12 (1957) 33o-332

Berendes, J.: Neuere Ergebnisse über Bewegungsstörungen des Kehlkopfes; Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk. Heilk. 169 (1956) 1-172

Berendes J., Link,R., Zöllner,F.: Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde , Handbuch, Bd. II , Thieme Verlag Stuttgart, (1963)

van den Berg, J.: Modern Research in Experimental Phoniatrics; Folia Phoniatr. (Basel) 14 (1962) 81-149

Böhme, G., Schmutzler,W.: Stimmlippenlähmungen und Larynxtomographie; Z. Laryng., Rhinol., Otol. 45 (1966) 6-21

Böhme, G., Aust, S., Heinemann,M. : Spirographische Untersuchungen bei Glottisstenosen; Folia Phoniatr. 21 (1969) 112-12o

Bozzi, L., Stirpe,J. : Studio istologico della componente musculare della corda vocale falsa; Valsalva 4o (1964) 217-227

Brahm, K. : Über den Stimmumfang und die Sprechtonlage bei Kranken mit doppelseitiger Posticuslähmung; HNO 3 (1952) 131-133

Carlens, E. : Bilateral abductor paralysis of the larynx. Medical and surgical aspects; Acta oto.-laryng. (Stockholm) 116 (1954) 57-65

Carlens, E. : Airway obstructions. Clinical and physiological aspects; Acta oto-laryngol. Suppl. 158 (196o) 3-1o

Clementelli,M.C. , de Benedittis,C. : Sulla presenza e sul significato di elementi musolari nella plica ventricolare laringea; Ric. Morf. 31 (1966) 2o5-214

Comroe,J.H., Forster,RE, Dubois,A.B.,Briscoe,W.A., Carlsen,E.: Die Lunge. Klinische Physiologie und Lungenfunktionsprüfungen; Schattauer Verlag, Stuttgart (1964)

Cornut,G.,Pierucci,B. : Contributation a l'etude de la paralysie recurrentielle du point de vue phoniatrique; J. franc. d' oto-rhino-laryng. 17 (1968) 665-672

Deutscher Landwirtschaftsverlag : Biometrisches Wörterbuch, Bd. 1; Berlin (1968)

Dillenschneider,E., Broustet,M.F., Levy,D., Greiner,G.F. : Place de la sonagraphie dans une consultation de phoniatrie; J. franc. d'oto-rhino-laryng. 18 (1969) 383-386

Döhne, E. : Taschenfaltenstimme infolge Zystenbildung im Kehlkopf; Arch. f. Sprach- und Stimmphysiologie Bd. 6 (1942) 1o8-11o

Faaborg-Andersen, K. : Electromyographic investigation of intrinsic laryngeal muscles in humans; Acta physiol. scand. 41, Suppl. 14o (1957) 1-15o

Frank, F. : Objektive Stimmbeurteilung ideopathischer Recurrensparesen vor und nach Rehabilitation; Mschr. Ohrenheilk. 1o5 (1971)418-424

Fred, H.L. : Hoaresness due to phonation by the false vocal cords;
Arch. of internal Medicine 11o (1962) 472-475

Freud, E.D. : Functions and dysfunctions of the ventricular folds;
J. of Speech and Hearing Dis. 27 (1962) 334-34o

Ganz, H. : Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
Schriftenreihe 'Medizin von heute'
Troponwerke 1967

Geigy : Wissenschaftliche Tabellen,
7. Auflage (1968)

Goff, W. F. : Vocal cord paralysis. Analysis of 229 cases;
JAMA 212 (197o) 1378-1379

Hartenau,W., Schwetz,F. : Beobachtungen nach experimenteller Recurrensdurchtrennung bei der Katze;
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 17o (1957) 498-5o2

Helmus, C. : Microsurgical thyrotomy and arytaenoidectomy for bilateral recurrent laryngeal nerve paralysis;
Laryngoscope 82 (1972) 491-5o3

Jeschek, J. : Über Bewegungserscheinungen der Aryknorpel bei immobilisiertem Stimmband;
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlkopfheilk. 145 (1938) 315-321

Kelly, J. D. : Surgical treatment of bilateral paralysis of the abductor muscles;
Arch. of Otolaryng. 33 (1941) 293-3o4

Keros,P., Nemanic,D. : The terminal branching of the recurrent laryngeal nerve;
Pract. oto-rhino-laryng. (Basel) 29 (1967) 5-1o

Kilman, W. J. : Contrast laryngography;
Southern Medical J. 64 (1971) 1465-1471

King, B. T. : A new and function-restoring operation for bilateral abductor cord paralysis;
J. of the Amer. Med. Association 112 (1939) 814-823

Kleinsasser, O. : Endolaryngeale Arytaenoidektomie und submuköse Hemicordektomie zur Erweiterung der Glottis bei bilateraler Abduktorenparese; Mschr. Ohrenheilk. 1o2 (1968) 443-446

Kornmesser, H. J. : Operative Behandlung bei doppelseitiger Stimmbandlähmung in (Para-) Medianstellung; Z. Laryng. Rhinol. 48 (1969)435-446

Kressner, A. : Über zwei neue operative Verfahren bei bilateraler Posticusparalyse; Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 155 (1947) 459-482

Kreyszig, E. : Statistische Methoden und ihre Anwendungen; Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 3. Aufl. 197o

Krmpotic, J. : Anatomisch-histologische und funktionelle Verhältnisse des rechten und des linken N. recurrens mit Rücksicht auf die Geschwindigkeit der Impulsleitung bei einer Ursprungsanomalie der rechten Schlüsselbeinarterie; Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 173 (1958) 49o-496

Langnickel,R., Koburg,E: Die endolaryngeale Lateralfixation des Stimmbandes zur operativen Behandlung der beiderseitigen Posticusparese; HNO 18 (197o) 239-242

Langnickel,R.,Koburg,E.: Zur Technik der endolaryngealen Lateralfixation; Z. Laryng. Rhinol. 51 (1972) 249-252

Langnickel, R. : Experimentelle Untersuchungen zur Ankylose des Cricoarytaenoidgelenkes am Kaninchenkehlkopf; Z. Laryng. Rhinol. 52 (1973) 67-75

Langnickel, R. : Experimentelle und klinische Untersuchungen zur Frage des Strömungswiderstandes an der normalen und an der veränderten Stimmritze; Habilitationsschrift 1973

von Lanz, T., Wachsmuth, W. : Praktische Anatomie Bd. I Springer Verlag 1955

Lienert, G. A. : Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik;
Verlag Anton Hain 1962

Lillie, J. C. : Pulmonary function before and after arytaenoidectomy;
Arch. otolaryng. 8o (1964) 17o-173

Luchsinger,R.,Arnold,G.E: Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde
Springer Verlag Wien, 2. Aufl. 1959

Luschka, H. : Der Kehlkopf des Menschen;
Verlag der Laupp'schen Buchhandl.
Tübingen 1871

Matthys, H. : Lungenfunktionsdiagnostik mittels Ganzkörperplethysmographie;
Schattauer Verlag, Stuttgart, New York 1972

Messerklinger, W.,
Probst, A. : Recurrensparese und Krikoarytänoidgelenk;
Mschr. Ohrenheilk. 87 (1953) 2o8-213

Miehlke, A. : Über die Struktur des funktionstüchtigen und funktionsuntüchtigen Stellknorpels;
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlkopfheilk. 17o (1957) 435-443

Miehlke, A. : Zur Indikation und Technik der Recurrens-Neurolyse;
Z. Laryng. Rhinol. 37 (1958) 44-54

Miehlke, A. : Probleme der Rekonstruktion des N. recurrens nach dessen Verletzung bei der Strumektomie;
Chir. Plast. Reconstruct. (Berlin) 6 (1969) 143-147

Moser, F. : Periphere und zentrale Recurrens-Schädigungen und iher Auswirkungen;
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 173 (1958) 285-289

Moses, P. J. : Vocal analysis;
Arch. Otolaryng. 48 (1948) 171-186

Münz[illegible],K., Randl,A. : Strumektomie und Stimmbandlähmung;
Langenbecks Arch. f. klin. Chir. 283 (1956) 13-41

Murtagh, J. A.
Campbell, C. J. : The respiratory function of the larynx. The elementary physiology of the recurrent laryngeal nerve;
Annals of Otol. 57 (1948) 465-472

Nolte, D. : Die Strömungsmechanik der Atemwege bei der obstruktiven Ventilationsstörung;
Fortschritte der Medizin 89 (1971) 1176-1178

Padovan,I.,Oreskovic,M.: Die Behandlung der Stenosen des Larynx;
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-Heilk. 199 (1971) 254-291

Paludetti, G.,
di Girolamo, A. : Considerazioni istomorfologiche sulla struttura della corda vocale falsa;
Valsalva 36 (1960) 198-208

Paludetti, G.,
Fortunato, G. : Meccanismo utilita' e svantaggi della voce di false corde;
Valsalva 36 (1960) 264-277

Panconcelli-Calzia,G.: Die Taschenbandstimme
Akademie Verlag, Berlin, 1953

Parnell, F. W.,
Brandenburg, J. H. : Vocal cord paralysis. A review of 100 cases;
Laryngoscope 80 (1970) 1036-1045

Paulsen, K. : Das Prinzip der Stimmbildung in der Wirbeltierreihe und beim Menschen;
Akademische Verlagsgesellschaft Frankfurt/Main, 1967

Pernkopf, E. : Topographische Anatomie des Menschen III. Bd.
Urban & Schwarzenberg, Wien, 1952

Pressman, J. J.,
Kelemen, G. : Physiology of the larynx;
Physiol. Rew. 35 (1955) 506-554

Rethi, A. : Taschenbandstimme, Dysphonia spastica und Rachenmuskulatur;
Mschr. Ohrenheilk. 67 (1933) 572-596

Rethi, A. : Erwiderung zu Jos. Nemais Bemerkungen;
Mschr. Ohrenheilk. 67 (1933) 913-916

Rethi, A. : La voix des bandes ventriculaires et la musculature du pharynx; Ann. d'oto-laryng. 5o (1933) 556-569

Rethi, A. : Anatomisches Spiegelbild des Mechanismus der Taschenbandstimme und die Recurrensfrage, I. Mitteilung; Mschr. Ohrenheilk. 68 (1934) 586-594

Rethi, A. : Anatomisches Spiegelbild des Mechanismus der Taschenbandstimme und die Recurrensfrage, III. Mitteilung; Mschr. Ohrenheilk. 69 (1935) 129-14o

Rethi, A. : Anatomisches Spiegelbild des Mechanismus der Taschenbandstimme und die Recurrensfrage, IV. Mitteilung; Mschr. Ohrenheilk. 69 (1935) 414-428

Rethi, A. : Rolle des stylopharyngealen Muskelsystems im Krankheitsbild der Taschenbandstimme und der Dysphonia spastica; Folia phoniatrica 4 (1952) 2o1-216

Sachs, L. : Statistische Auswertungsmethoden 2. Aufl. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1969

Saunders, W. H. : Dysphonia Plica Ventricularis; Ann. of Otol. 65 (1956) 665-673

Schiratzki, H. : Upper airway resistance during mouth breathing in patients with unilateral and bilateral paralysis of the recurrent laryngeal nerve; Acta Oto-laryngol. 59 (1965) 475-496

Schlöndorff, G. : Untersuchungen zur Stimmbildung unter veränderten atmosphärischen Bedingungen, 2. Mitteilung; Z. Laryng. Rhinol. 5o (1971) 272-286

Schönhärl, E. : Beitrag zur qualitativen Stimmanalyse; Z. Laryng. Rhinol. 42 (1963) 13o-139

Schönthal,H.,Kyambi,J. : Die Bedeutung der inspiratorischen Sekundenkapazität für die Diagnose von stenosierenden Prozessen im Bereich des Kehlkopfes und der Trachea; Z. Laryng. Rhinol. 48 (1969) 427-435

Schroeder, M. R. : Vocoders: Analysis and synthesis of speech; Proceedings of the IEEE 54 (1966) 72o-734

Segre, R. : Spasmodic Aphonia; Folia phoniatrica 3 (1951) 15o-157

Siegelbauer, F. : Lehrbuch der normalen Anatomie des Menschen, 8. Aufl.; Urban & Schwarzenberg, München, Berlin, 1958

Thornell, W. C. : A new intralaryngeal approach in arytenoidectomy in bilateral abductor paralysis of the vocal cords; Arch. of Otolaryng. 5o (1949) 634-639

Ulmer,T., Reif,E. : Die obstruktiven Erkrankungen der Atemwege. Klinische Bedeutung und objektiver Nachweis mit der Ganzkörperplethysmographie; Deutsche Medizinische Wochenschrift 9o (1965) 18o3-18o9

Ulmer,T., Reif,E., Weller,W. : Die obstruktiven Atemwegserkrankungen; Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1966

Waldeyer, A. : Anatomie des Menschen, 2. Teil; Walter de Gruyter & Co. 4. und 5. Aufl., Berlin 1967

Winkel, F. : Analyse und Synthese der Sprachlaute; Funk und Ton 8 (1954) 5o-54, 99-1o2

Woodman, de Graaf: A modification of the extralaryngeal approach to arytenoidectomy for bilateral abductor paralysis; Arch. of Otolaryng. 43 (1946) 63-65

Woodman, de Graaf: The open approach to arytenoidectomy for bilateral abductor paralysis with a report of twenty-three cases; Ann. of Otol. 57 (1948) 695-7o4

Woodman, de Graaf : Bilateral abductor paralysis;
Arch. of Otolaryng. 58 (1953)
15o-153

Woodman, de Graaf : Über die Arypexie bei beidseitiger
Recurrensparese;
Mschr. Ohrenheilk. 88 (1954) 27-3o

Herrn Priv. Doz. Dr. R. Langnickel möchte ich ganz herzlich für die Überlassung des Themas und für die freundliche Unterstützung und Beratung danken.

Danken möchte ich an dieser Stelle auch Herrn Priv. Doz. Dr. H.P. Heilmann, Oberarzt an dem Medizinischen Strahleninstitut der Universität Tübingen (Direktor: Prof. Dr. W. Frommhold) für die Durchführung und Beurteilung der laryngographischen Untersuchungen.

Für die Auswertung und Beurteilung der Lungenfunktionsprüfungen möchte ich Herrn Priv. Doz. Dr. P. Hilpert, Oberarzt an der Medizinischen Klinik der Universität Tübingen (Direktor: Prof. Dr. H.D. Waller) meinen Dank aussprechen.

Die Aufnahmen der Sonagramme erfolgten am Institut für Bioakustik der Max-Planck-Gesellschaft in Tübingen (Leiter: Prof. Dr. A. Faber), wofür ich Herrn Prof. Faber und seinem Mitarbeiter, Herrn Schneider, danke.

Die Auswertung und Beurteilung der Sonagramme und der postoperativen Stimmqualität wurden von Herrn Dipl. Ing. Dr. med. H.J. Opitz und Herrn W. Tegtmeier von der Universitäts-Hals-Nasen-Ohrenklinik Bonn (Direktor: Prof. Dr. W. Becker) durchgeführt. Für die grosse Mühe bei der Auswertung dieser Untersuchungsergebnisse möchte ich mich vielmals bedanken.

# L e b e n s l a u f

Am 23. 1o. 1949 wurde ich, Gerhard S a u e r , als Sohn des Zahnarztes Gerhard Sauer und dessen Ehefrau Helene, geb. Gommel, in Tübingen geboren. Von 1956-196o besuchte ich die Silcherschule in Tübingen. Nach der Aufnahmeprüfung trat ich in das Keplergymnasium in Tübingen ein, wo ich im Juli 1968 die Reifeprüfung bestand. Anschliessend studierte ich an der Universität in Tübingen Zahnmedizin. Naturwissenschaftliche Vorprüfung im Herbst 1969. Zahnärztliche Vorprüfung im Frühjahr 1971. Am 5. 12. 1973 schloss ich mein Studium mit der zahnärztlichen Prüfung ab.